UDK 911.2:551.577.3(497.11)
ISBN 86-800-29-02-5

Мирослав Оцокољић

ЦИКЛИЧНОСТ СУШНИХ И ВОДНИХ ПЕРИОДА У СРБИЈИ

Штампано помоћу добијеном од Министарства за науку и технологију Србије

SERBIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS
GEOGRAPHICAL INSTITUTE "JOVAN CVIJIĆ"

S P E C I A L I S S U E S
N⁰ 41

Miroslav Ocokoljić

CYCLIC VARIATIONS OF DROUGHTY AND WATERY PERIODS IN SERBIA

E d i t e d by
Dr Verka Jovanović

BELGRADE
1994

СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ
ГЕОГРАФСКИ ИНСТИТУТ "ЈОВАН ЦВИЈИЋ"

П О С Е Б Н А И З Д А Њ А
КЊИГА 41

Мирослав Оцокољић

ЦИКЛИЧНОСТ СУШНИХ И ВОДНИХ ПЕРИОДА У СРБИЈИ

У р е д н и к
Др Верка Јовановић

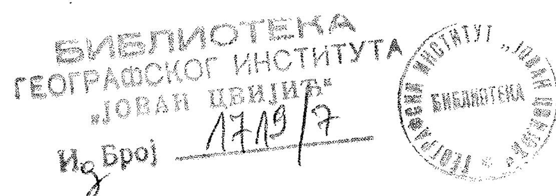
БЕОГРАД
1994

Рецензенти:

Др Душан Дукић
Др Томислав Ракићевић

Графичко-технички уредник
Добрила Стајић
Обрађено програмом Signum 2 - штампано на HP LaserJet III

Картографска обрада
Зорица Марић



Примљено на седници Редакционог одбора
Института 12. септембра 1994. године

Издавач: Географски институт "Јован Цвијић" САНУ

САДРЖАЈ

ПРЕДГОВОР

Монографија "*Цикличност сушних и водних периода у Србији*" резултат је вишегодишњег рада, који је аутор започео у Хидрометеоролошком заводу Србије, а наставио у Географском институту "Јован Цвијић"САНУ. Хидролошки подаци неопходни за израду ове студије сукцесивно су прикупљани и обрађивани у периоду 1923-1985. Изузетно, за Дунав они су елаборирани и за прошли век. Подаци су објављени у публикацијама Хидрометеоролошке службе Србије и Југославије, Института за водопривреду "Јарослав Черни", Енергопројекта, Водопривредних организација, Научних института, Дунавске комисије (Будимпешта), UNESCO-а и других организација. На овај начин формирани су низови о протицају Дунава за 150 година непрекидних осматрања и мерења, а за друге реке у Србији углавном за период од 60 година. Сушни и водни периоди проучени су и анализирани применом статистичких метода, вероватноћа, метода аналогије, честином појављивања и трајањем, класификацијом и рангирањем хидролошких година, распоредом сушних и водних периода, уз осврт на прогнозу њихових промена у наредним годинама. У обради су коришћене средњегодишње, максималне и минималне, ређе месечне, декадне или дневне вредности. У посебном поглављу проучена је цикличност годишњих и максималних дневних падавина у Београду за последњих 100 година да би се упоредио њихов однос према цикличностима хидролошких низова.

У оквиру анализе дугогодишњих хидролошких низова, дати су критеријуми за утврђивање меродавних хидролошких низова на нивоу годишњих, сезонских и месечних вредности. Овом обрадом обухваћене су веће реке Србије, распоређене на целој њеној територији и то са различитим речним режимима, од мешовитог на северу до чисто плувијалног у централној или јужној Србији.

Аутор

УВОД

Под појмом цикличност уопште узев, подразумевамо хронолошко смењивање сушних и влажних периода, при чему се сваки период одређеног временског трајања који садржи један сушни и један влажни период назива *хидролошки циклус.* Просечне вредности таквог циклуса или више њих су најприближније вишегодишњим вредностима који се добијају из низова не краћих од 50, 75, 100 или више година. Овакве вредности сматрају се нормалним (репрезентативним) за изучавање режима река и за изградњу великих хидротехничких и водопривредних објеката. Дужина цикличног периода варира од реке до реке, код већих река (мешовити режим), тај период је краћи, а најдужи је код мањих река (плувијални режим). Утврђивање меродавног периода је данас један од најодговорнијих задатака савремене хидрологије, јер већина река у свету има кратке низове осматрања, што првенствено важи за афричке и азиске земље где су по правилу највеће реке на Земљи, на којима ничу водопривредни гиганти за производњу електричне енергије, за пловидбу, наводњавање или водоснабдевање. У недостатку мерених података користе се методе аналогије и регионалне анализе, али се увек поуздано не може утврдити с којом тачношћу можемо да рачунамо на такве податке и у којој мери су такви низови хомогени. Догађа се, да се усвајају подцењене или прецењене вредности што има за последицу угрожавање сигурности животне средине (људства и имовине), или непотребно трошење економских инвестиционих средстава. Цикличност речног отицања на нашим рекама је мало истраживана. Још увек се не располаже са довољно дугим низовима, нпр. дужим од 50 или 75 година, да би се једна таква анализа могла извести. Само неке реке на којима су успостављена осматрања 1923. године или раније располажу са подацима дужим од 60 година, под условом да су на тим профилима била непрекидна и поуздана осматрања и по правилу једнозначне криве протицаја (мања промењљивост речног корита). За сада су то профили на Дунаву (Оршава-Кладово), на Сави (Сремска Митровица), Дрини (Бајина Башта), Лиму (Пријепоље), Ибру (Рашка), Нишави (Бела Паланка). За све те реке располагало се са низовима на Дунаву дужине до 150 година, а за остале водотоке не дужим од 60 година.

КРИТЕРИЈУМИ ЗА ПРОУЧАВАЊЕ ЦИКЛИЧНОСТИ ОТИЦАЊА

Како је у овом раду обрађено више река са различитим периодима осматрања, за анализу цикличности примењено је више метода. Прво су употребљене статистичке методе, затим метод аналогије, модулних коефицијената одступања чланова низа од просечне вредности, метод сумарних кривих модулних одступања. Анализиране су честине појављивања сушних и водних периода, заступљеност средњих, минималних и максималних протицаја, хронологија појављивања апсолутно максималних и минималних вода, класификација хидролошких година по водности (сушне, водне). Примењене су одговарајуће расподеле, а дат је осврт на прогнозу појављивања водних и сушних периода уз оцену меродавности низова, поређењем краћих са дужим у оквиру исте реке или са суседним сличног режима. На овај начин прате се промене о режиму река и доносе закључци у погледу коришћења података за изградњу водопривредних објеката.

АНАЛИЗА ЦИКЛИЧНОСТИ ОТИЦАЊА РЕКЕ ДУНАВ

Дунав је река са релативно већим бројем хидролошких станица са осматрањима дужим од 50 или више година. Најдужа су на румунској станици Оршава која је радила од 1840-1972. године, то јест до потапања језером од ХЕ " Ђердап". После 1972. године низ је допуњен подацима добијеним помоћу производње електричне енергије и мерењем преливних вода на брани у Кладову и тако формиран 150-годишњи низ о протицају у периоду 1840-1989. година (*таб.* 1). Хидролошка станица Оршава је једна од поузданих станица на Дунаву, јер се налази у Ђердапској клисури која је изграђена од стена, речно корито је постојано а нема изливања великих вода. Свакодневна мерења водостаја и повремена протицаја омогућила су да се успостави једнозначна и поуздана крива протицаја и тако одреде карактеристике отицања Дунава у Ђердапској клисури (ск. 1) Подаци су објављени у публикацијама УНЕСКО-а [*UNESCO,* 1974].

Површина слива Дунава у профилу Оршава је 576.232 km^2 са котом "0" осматрања од 43.87 m у односу на Јадранско море и 44.36 m у односу на Црно море. Станица је на 955 km тока Дунава од ушћа у Црно море. Средњегодишњи водостај у природном режиму је 275 cm, апсолутно најнижи је - 52 cm (9.I.1893.) и - 26 cm (27.X.1947.) и апсолутно максималнни од 648 cm (17.IV.1895.). Ширина корита реке је при малим водостајима око 480 m [*Годишњак Дунавске комисије*, 1965].

Метод аналогије. - Цикличност отицања Дунава анализирана је статистичком обрадом средњегодишњих протицаја (*таб.*1.) у којој су вредности приказане по деценијама са просеком за сваку од 15 деценија и одступањем од просека периода 1840-1989. година, који износи Qs=5456 m^3/s.

Таб. 1. - *Средње годишњи протицаји Дунава* (m^3/s) *по деценијама за 150-годишњи период 1840-1989, Оршава-Кладово*

Tab. 1. - *Mean annualy discharge of the Danube* (m^3/s) *in the decades in the one hundred fifty period 1840-1989, Oršava-Kladovo*

Год.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sr.	DQ(%)
1840	4980	5100	4740	5870	6060	6980	5970	6190	5060	4780	5573	2.10
1850	6480	6400	5760	7100	4635	6100	4600	4250	4470	5020	5482	0.04
1860	6400	4770	4210	3340	5270	4540	3700	5770	5070	4560	4763	-13.00
1870	6350	6370	4900	4520	4310	4760	6770	5840	6520	7060	5740	5.20
1880	5400	6700	4900	5770	4890	4820	4960	4650	5850	5520	5346	-2.00
1890	4400	4620	5400	4970	3960	6180	5890	6600	4400	4800	5122	-6.00
1900	6050	5140	5520	5060	4730	5350	5530	5530	4110	4710	5173	-5.00
1910	6760	4610	6540	5950	6340	8050	6480	5440	4130	7050	6135	12.40
1920	5600	3680	6000	5550	6120	5020	7220	5310	4650	4580	5373	-2.00
1930	4920	5720	5200	5160	4720	4800	5650	7440	5420	5460	5449	0.00
1940	7390	7900	6030	3810	6670	5120	4190	4130	5530	3980	5475	0.30
1950	4150	5380	5110	4760	4980	7150	5910	5110	5630	4900	5308	-3.00
1960	5650	4390	5630	4800	4830	7440	6890	6140	5180	5250	5620	3.00
1970	8000	4280	5100	4500	6400	6060	5190	6050	5960	6380	5779	6.20
1980	6880	6500	5550	4580	5020	5240	5200	5740	5250	4860	5482	0.50

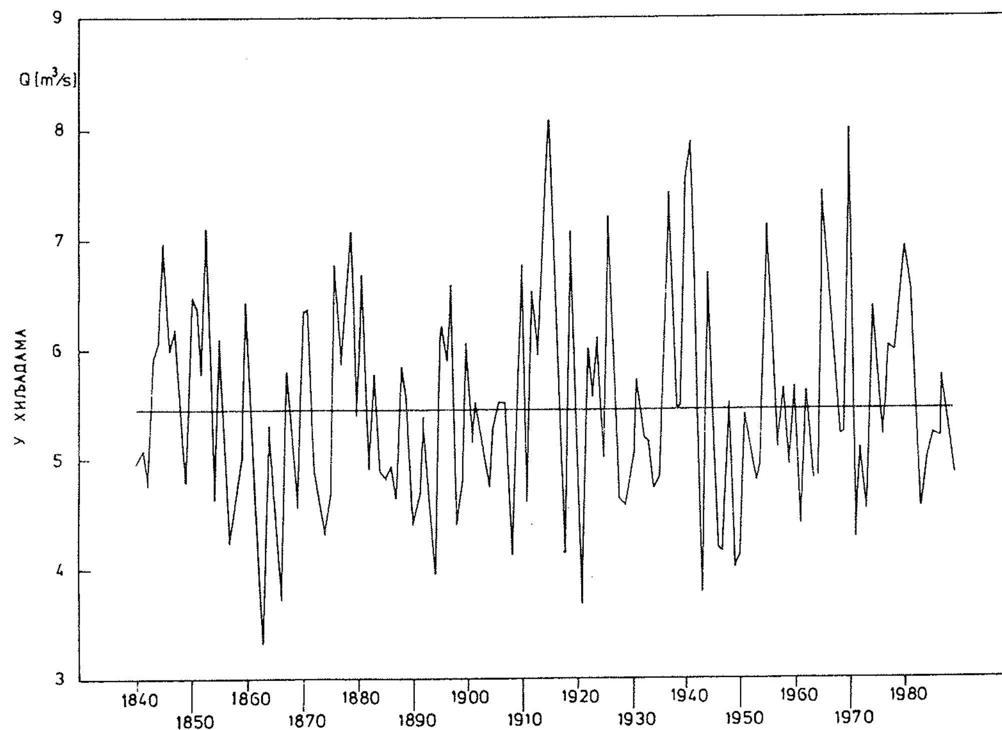
150 годишњи просек 5456 m^3/s

DQ-одступање 10-годишњег просека од вишегодишњег

Због дужине периода овај се низ сматра репрезентативним (меродавним) за изучавање режима реке и за хидроенергетска искоришћавања вода, а служи и као репер за проверавање меродавности краћих низова на другим већим рекама сличног режима. Варијације протицаја Дунава су веома мале, у истом периоду, коефицијенат варијације годишњих протицаја је Cv=0,17, а коефицијенат асиметрије криве расподеле протицаја Cs= 0,47. Одступања 10-годишњег просека од нормалне вредности (5456 m^3/s) су такође доста уједначена. Поређењем 10-годишњег просека 15 изабраних деценија са вишегодишњом вредношћу, дошло се до показатеља да скоро пет деценија има већа одступања од $\pm$5.0 %, док је код других девет деценија та разлика у толерантним границама. Највеће одступање је у периоду 1860-1869.година који је сушнији за 13.0 % и 1910-1919. година који је влажнији за 12.4 %. Већина осталих деценија има отицање веома приближно вишегодишњем, па се за Дунав као велику реку може рећи да има веома стабилан режим са веома малим променама протицаја, што је узроковано осим пространог слива, још и његовим комбинованим (мешовитим) режимом. Према томе, као један од закључака могао би да буде, да се за Дунав и њему сличне реке могу добити *меродавни низови* и са десет година осматрања, само је такве низове потребно верификовати са реком која има дуже низове осматрања. За бројне профиле на Дунаву од Регензбурга до ушћа у Црно море на овај начин се могу контролисати и продужавати краћи низови до граница њихове меродавности, коришћењем дугогодишњих података хидролошке станице Оршава.

У оквиру анализе података у 150-годишњем низу, посебно је тестиран период 1972-1989. година (19 година) за време рада хидроелектране "Ђердап" за који су подаци, како је раније наведено, добијени помоћу производње електричне енергије и мерењем висине воде на преливним праговима. За исти период, средњегодишњи протицај је 5586 m^3/s који се разликује од вишегодишњег за 2.3%. Методом аналогије који је напред примењен за оцену меродавности појединих краћих низова према дужем у оквиру исте станице омогућава проверу података станица на истом току, у овом случају на Дунаву, али и за станице на другим рекама, на пример његовим притокама, Сави, Тиси, Драви. Сава у Сремској Митровици има Qs= 1562 m^3/s у периоду 1950-1989. година. За исти период протицај Дунава у Ђердапу је 5550 m^3/s, који је већи од вишегодишњег просека за 94.0 m^3/s (1.72 %), па се узима

да је отицање Саве у наведеном периоду хомогено. Или други пример, Дунав у профилу Панчево има средњегодишњи протицај у периоду 1951-1970. година од 5559 m^3/s. У истом периоду протицај Дунава у Ђердапу се мало разликује од нормалне вредности па се и овај период узима као репрезентативан.



Ск. 1. - *График средње годишњих протицаја Дунава у периоду 1840-1989. год. (Оршава - Кладово)*

Sk. 1. - *Graphic of mean annual discharge of the Danube river for the 1840-1989. period at (Orsava-Kladovo)*

Статистичке методе. - Укључују проверу просечног годишњег отицаја на основу израчунавања његове средње квадратне грешке [*Лучшева А. А*, 1976], то јест по обрасцу:

$$\sum Q_s = \frac{C_v}{n} \cdot 100$$

где је Σ Qs-средње квадратна грешка вишегодишњег протицаја у %, Cv-коефицијент варијације средњегодишњег протицаја, n-број осмотрених година. За случај Саве у Сремској Митровици која у периоду 1950-1989. година има Qs=1562 m^3/s, Σ Qs по наведеном обрасцу је 2,53%, или изражено у апсолутним јединицама 39,5 m^3/s. За ову вредност период може да одступа у позитивном и негативном смислу од вишегодишње вредности. Други случај је показан на примеру Велике Мораве у Љубичевском мосту у периоду 1971-1990. година у којем је Qs= 243 m^3/s са Cv=0.29 и n=20 година. Према истом обрасцу, средње квадратна грешка је $\sum$Qs=6.5 %, односно овај низ би требало нешто кориговати, јер грешка прелази толерантних 5.0 %, то јест изабрати други меродавни период.

У оквиру исте методе користи се и величина грешке коефицијента варијације средњегодишњег протицаја који се одређује по обрасцу:

$$\sum C_v = \sqrt{\frac{1 + C_v^2}{2n}} \cdot 100$$

где је $\sum$Cv- грешка коефицијента варијације у %, Cv- коефицијент варијације, n- број година. На пример, река Тиса у периоду 1931-1970.година има просечно отицање од 766 m^3/s са Cv=0.35, за који је грешка коефицијента варијације 11.8%. Према истој литератури, ова грешка је у границама дозвољених одступања; она се налази између 10-15 %, према коме је низ цикличан, то јест у њему је заступљен подједнак број сушних и влажних година. У супротном , ако овај услов није испуњен, ако је $\sum$Cv испод 10% или изнад 15%, онда се низ допуњује или скраћује све дотле док се не испуни тражени услов.

Анализа цикличности помоћу сумарних кривих модулних одступања

Методом руских хидролога [*Практическая гидрология*, 1976], анализирана је цикличност годишњих протицаја Дунава у Ђердапу одређивањем модулних коефицијената (К)

који се добијају односом протицаја сваког члана низа са просечном вишегодишњом вредношћу. Одузимањем К од јединице и сумирањем ових вредности у кумулативном односу и поделом сваког таквог збира са коефицијентом варијације добијена је рачунска сумарна крива модулних одступања од просечне вредности. Ове вредности су нанете на дијаграм (ск. 2), где је на ординати Σ (К 1)/Cv, а на апсциси године периода 1840-1989. Добијен је хидрограм који показује хронолошку променљивост годишњег протицаја, или наизменично смењивање сушних и водних периода. Временски периоди у току којих су интензитети прираста сумарне криве позитивне (изнад 0) одговарају влажном периоду, и обрнуто, временски периоди у току којих су такви прирасти негативни, сушном периоду. Период времена који обухвата један влажан и један сушан период представља хидролошки циклус [*Хидролошка студија Саве,* 1974].

На дијаграму са скице 2 могу да се издвоје 4 циклуса, а у оквиру њих и микроциклуси. Сваки циклус има своје карактеристике, трајање, сушнији и воднији период и просечну вредност. Редослед њиховог појављивања је следећи:

I ***циклус*** од 1853-1881. године (n=29), означен тачкама B-C-D, слабо је изражен, силазна линија дијаграма означава сушнији (маловоднији) период (B-C), знатно је дужег трајања у односу на влажнији (воднији) период (C-B) који је краћег трајања а ранији део хидрограма од 1840-1852. године (A-B) је део неког предходног циклуса и није узет у разматрање.

II ***циклус*** је био у периоду 1882-1926. године (n=45) са подједнаким трајањем сушног и влажног периода, означен тачкама D-E-F. Просечна вредност овог циклуса је Q=5323 m^3/s, веома је близак 150-годишњем просеку(DQ =2.0%), па се узима као репрезентативан. Просечно Ks за овај период је 0.98 које се добија по обрасцу:

$$K_s = 1 + \frac{l_k + l_p}{m}$$

где је Ks- просечни модулни коефицијенат периода 1882-1926, а l_k и l_p крајња и почетна вредност суме К-1 /Cv, а m- број година периода.

III циклус је веома кратког трајања па се не може узети као меродаван за анализу; његов период везан је за године од 1927-1942. (16 година) са преломом између влажног и сушног периода у 1935. години. Знатно је дужи сушнији

од влажнијег, кога чине три изузетно водне године (1940, 1941, 1942). Циклус је означен словима E-G-H за који је просечно Ks=0.94, то јест трећи циклус је сушнији од просека за 6%.

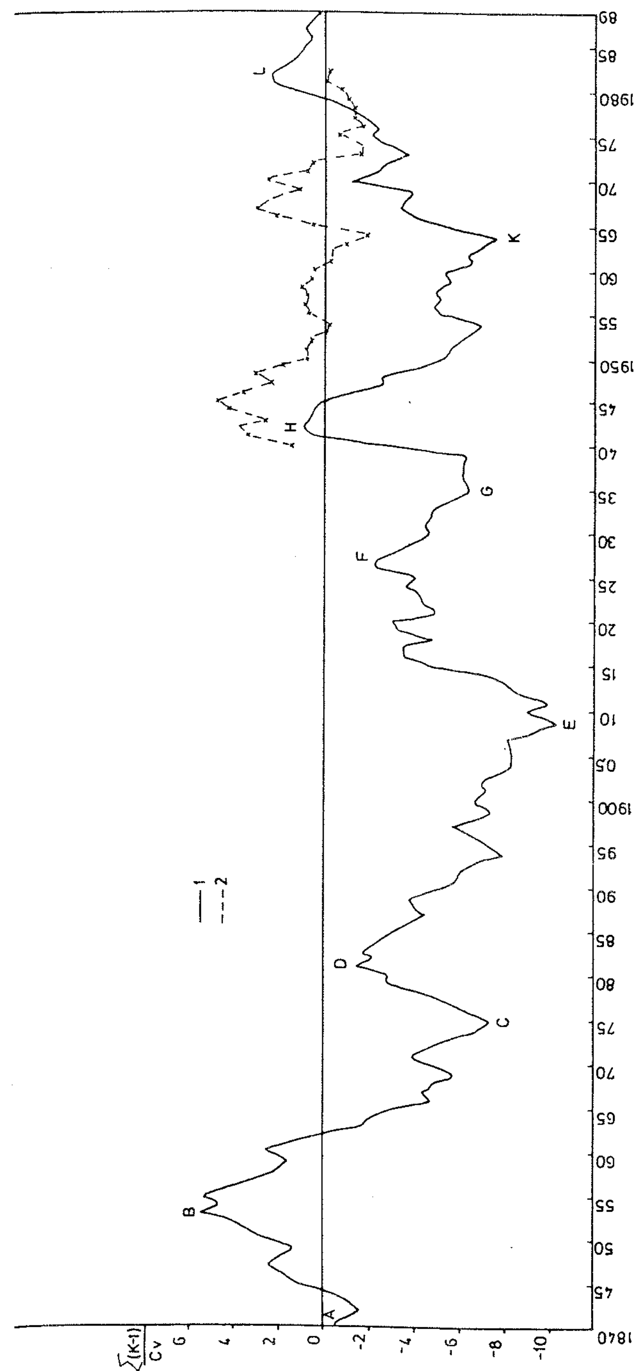
IV циклус, као последњи проучаваног периода је са временским трајањем од 40 година. Има правилан распоред сушних и влажних година са преломом у 1964. години. Циклус је означен словима H-K-L за који је Ks=1.04, то јест он је воднији од вишегодишњег просека за 4%.

Треба истаћи да се у оквиру 4 *макро* циклуса издвајају и *микро* циклуси, наравно краћег трајања, на пример карактеристичан један такав микро циклус је био од 1954-1956.године који се појављује као влажан у оквиру сушнијег периода IV циклуса (1943-1964). Он је везан за за веома влажну послератну 1955. годину.

Када се говори о цикличностима влажних и сушних периода мора се истаћи да у сваком сушном или влажном периоду нису заступљене увек сушне односно влажне године, иако се ради о воднијем периоду, већ напротив, сваки сушни период укључује известан број влажних година, а сваки влажнији период одређен број сушних година. На пример у периоду 1943-1964. година који је означен као сушнији IV циклуса, има 14 средњих, 6 сушних и 2 водне године, или период 1965-1982. година, означен као водни период истог циклуса садржи 10 водних, 6 средњих и 2 сушне године. Просек првог сушнијег периода је 5082 m^3/s, другог влажнијег 5986 m^3/s са одступањем другог у односу на први за 18%.

Провера цикличности краћих хидролошких низова

Дијаграм цикличности сушних и водних периода Дунава од 1840-1989.године, (ск. 2) служи и за проверу цикличности хидролошких краћих низова на другим станицама на Дунаву или другим већим рекама сличног режима. На истом дијаграму паралелно је приказан дијаграм цикличности протицаја Дунава у профилу Богојево (F= 251593 km^2). Обрађен је период 1940-1982. година за који је просечно годишње Q=2978 m^3/s, Cv=0,19, n=43. Паралелним поређењем два дијаграма на скици 2 потврђено је хронолошко слагање дијаграма између Богојева и Оршаве-Кладова. Када се за краћи период израчуна Ks, добија се вредност од 1,04, исто као и за IV циклус дужег периода, из чега произилази да је Дунав у профилу Богојево био воднији за 4,0% од 150-годишњег просека, па се низ 1940-1982. година прихвата као цикличан.



Ск. 2. - *Дијаграм цикличности сушних и водних периода реке Дунава у Бердапу за период 1840-1989. год.*

Sk. 2. - *Diagram cyclic of a drought and watery periods of the Danube river at Đerdap for the 1840-1989. period.*

Слично се може поступити за остале профиле на Дунаву од Бездана до Великог Градишта или профиле на Тиси и Сави. Међутим, када се пореде отицања Дунава по годинама, постоје битније разлике у времену појављивања максималних и минималних протицаја. Највећи средњегодишњи протицај у Богојеву је 4323 (1965. године), а у Бердапу (1940-1982) 8000 m^3/s (1970. године). Или друга година по водности је 1941 (4165 m^3/s) која се по водности поклапа са истом годином у Бердапу (7900 m^3/s). Такође ни године са минималним отицањем не морају да се исто понашају између ова два профила. Најсушнија година у Оршави је 1943 (3810 m^3/s) и 1949 (3980 m^3/s), а у Богојеву 1971 (2010 m^3/s) и 1947 (2244 m^3/s). Према томе, на режим појављивања карактеристичних протицаја горњег или доњег Дунава у нашој земљи утичу пре свега његове веће притоке, у првом реду Тиса и Сава, а онда Драва и Велика Морава. Ово правило не важи за месечне вредности отицања, код којих је потврђена идентичност у режиму са највећим отицањем у пролеће, а најмањим у јесен.

Меродавни хидролошки низови

Када се утврђују меродавни хидролошки низови мора се поћи од тога о којој се величини отицаја ради, да ли су то годишње, сезонске, месечне или декадне вредности. Иако је у предходним поглављима било говора о низовима годишњих протицаја, њиховој цикличности и репрезентативности тестирањем помоћу више метода, у овом поглављу размотриће се меродавни хидролошки низови за временске јединице: годину, сезону и месеце. Основа за то су осматрања на Дунаву у Бердапу у наведеном 150-годишњем периоду [*УНЕСКО,* 1974*; ХЕ"Бердап"*, 1993].

Годишњи протицаји. - Све месечне вредности отицања изражене су за 25-годишње периоде са просецима којих је у наведеном низу било 6, са одступањима између појединих 25-годишњих низова као и одступањем краћих низова према вишегодишњем (таб.2). Уз то, за сваку просечну месечну вредност израчунати су годишњи просеци, па је за први период 1840-1864, година, Qs=5380 m^3/s који се од 150-годишњег разликује за 76 m^3/s (1.4%); за други је исти случај (Qs=5380 m^3/s), у трећем (1890-1914.година), просечни годишњи отицај је незнатно нижи (5330 m^3/s) са приближно истим одступањем, док четврти 25-годишњи просек (1915-1939. година) има незнатно веће отицање за 4.5%. То донекле важи и за следећи низ (1940-1964. година) који је сушнији за 2.5%.

Период (1965-1989. година) са Qs=5745 m^3/s воднији је од нормалне вредности за 5.3%. Слични односи важе и за друге усвојене 25-годишње просеке било ког изабраног периода унутар вишегодишњег низа. Према томе, када су у питању годишње вредности осим што је раније речено, да је за велике реке довољан низ и од 10 година које је потребно верификовати са неком станицом са дугогодишњим осматрањима; међутим, уколико та контрола није могућа неопходно је формирати низове од најмање 25 година генерисањем краћих низова при чему се користи најближа аналог станица на истој или суседној реци.

Таб. 2.- *Поређење 25-годишњих просека месечних и годишњих протицаја на Дунаву у периоду 1840-1989.*

Tab. 2.- *Comparing 25-annualy averages monthly and annualy discharge of the Danube in the period 1840-1989.*

Период	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
1840-1864	4060	4780	6030	7250	7440	6710	5660	4770	4240	4080	4790	4800	5380
1865-1889	4660	4540	6150	7680	7860	6390	5290	4280	3870	3930	4780	5170	5380
DQ(%)	14.8	-5.0	2.0	5.9	5.6	-4.8	-6.5	-10.3	-8.7	-3.7	-0.02	7.7	0.0
1890-1914	3810	4300	6300	7680	7630	7060	5790	4640	3960	4030	4240	4480	5330
DQ(%)	-8.2	-5.3	2.4	0.0	-3.0	10.5	9.4	8.4	2.3	2.5	-11.3	13.4	-1.0
1915-1939	5360	4900	6480	7580	7840	6310	5300	4340	4010	4180	5370	5180	5570
DQ(%)	40.7	14.0	2.8	-2.3	2.8	-10.6	-8.5	-6.5	1.3	3.7	26.6	15.6	4.5
1940-1964	4530	5000	6940	8100	7160	6220	5310	4190	3380	3360	4650	5040	5320
DQ(%)	-15.5	2.0	7.1	6.8	-8.7	-1.5	0.2	-3.5	-15.3	-19.6	-13.4	-2.7	-4.5
1965-1989	5220	6130	6850	8155	7775	6930	5820	4610	4070	3940	4180	5280	5745
DQ(%)	15.2	22.6	-1.3	0.6	8.6	11.4	9.6	10.0	20.4	17.3	-10.2	4.8	8.0

Месечни протицаји. - У погледу средње месечних протицаја према подацима из табеле 2. постоји битнија разлика између појединих 25-годишњих просека. Она је највећа између прва два перида 1840-1864. година и 1865-1889. година; у јануару је 14.8% а у августу - 10.3%. Периоди 1865-1889. година и 1890-1914. година највише се разликују у децембру (13.4%), новембру (11.3%), јуну (10.5%) итд. Следећа два периода 1890-1914. година, 1915-1939. година такође имају већа одступања, у јануару је оно 40.7%, фебруару 14%, новембру 26.6% и децембру 15.6%. Као што се види, разлике у оквиру једног истог месеца могу да буду од -15.5 до 47.7 (I), од -5.3 до

22.6 (II), од -10.6 до 11.4% (VI). Види се да су највећа одступања у зимским и јесењим и донекле летњим месецима и поклапају се са коефицијентима колебања месечног протицаја, која су највећа на Дунаву у зиму и јесен, а најмања у пролеће и лето [*Оцокољић* М. 1991]. Јануар је месец са највећом вредношћу коефицијента варијације а онда за њим долази октобар. Прецизније речено, највећа одступања месечних протицаја у оквиру 25-годишњег просека прате најмање месечне протицаје. С друге стране у појединим месецима ове разлике су толерантне, крећу се испод 5%, на пример такав је случај између периода 1840-1864. година и 1865-1889.година. Одступања су слична када се 25-годишњи просеци месечних врдности упореде са вишегодишњим месечним просеком. Јануарски просек периода 1840-1864.година нижи је за 12.2% од вишегодишњег, док та иста разлика код периода 1890-1914. година износи -17.5%. *Закључак* је да се месечни меродавни протицаји за реке какав је Дунав не могу добити из низова од 25 година, па се поставља питање колико низ мора да буде дуг да би тај услов био испуњен. Поређењем и анализом низова 30-годишњег, 40-годишњег и 50-годишњег периода, дошло се до податка да су за месечне меродавне низове најпоузданији просеци који се добијају из осматрања дужине приближно око 50 година. Да би то и аргументовали, из 150-годишњег низа издвојено је пет 50-годишњих периода који су međусобно упоређени, па је констатовано да они мало одступају. То је показано на примерима 1840-1889.година, 1865-1914. година, 1890-1939. година, 1915-1964. и 1940-1989. година. У *таб.* 3. је дат пример упоређивања периода 1915-1964. година са одступањем од просечних вишегодишњих месечних вредности.

Таб. 3. - *Меродаван низ (1915-1964) месечних протицаја Дунава (Оршава-Кладово)*

Tab. 3. - *The authoritative series of monthly discharge of the Danube (Oršava-Kladovo)*

Период	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год.
1915-1964	4945	4950	6710	7840	7500	6265	5303	4265	3695	3770	5010	5110	5445
Qs (150 god.)	4608	4942	6458	7740	7617	6604	5529	4471	3923	3923	4668	4993	5456
DQ (%)	7.3	0.2	3.9	1.3	-1.5	-5.2	-4.0	-4.6	-5.2	-3.8	7.3	2.3	-0.2

Према томе, када су у питању месечни меродавни низови, дужина осматрања мора да буде око 50 година.

Меродавни низови за сезонске вредности отицања. - Када се располаже са меродавним месечним протицајима, лако се добијају меродавни сезонски протицаји. Међутим, уколико се за анализу режима не обрађују месечни већ само сезонски, онда је потребно спровести посебну обраду сезонских протицаја за 4 квартала у години. Дужина меродавног периода за сезоне мора да се нађе између месечних и годишњих меродавних периода то јест између 25 и 50 година. Да би то утврдили извршене су пробе узимањем узорака из 150-годишњег периода. Укупно је тестирано 20 сезона у низовима од по 25 година а потом од 35 година. За 25-годишње просеке обрађено је 6 периода по сезонама (табела4.). Као што се из података види постоје значајна одступања како унутар самих сезона, тако између њих и вишегодишњих просека. У оквиру једне исте сезоне, разлике могу да буду и 1000 m^3/s, а изражено у процентима то је око 20%.

Таб. 4. - *Тестирање 25-годишњих низова сезонских протицаја Дунава*

Tab. 4. - *A testing 25-annual series for seasonal discharge of the Danube*

период	зима (XII-II)	пролеће (III-V)	лето (VI-VIII)	јесен (IX-XI)
1840-1864	4547	6907	5713	4370
1865-1889	4790	7230	5320	4193
1890-1914	4197	7203	5830	4077
1915-1939	5147	7300	5317	4520
1940-1964	5857	7400	5240	3797
1965-1989	5543	7593	5787	4163
Qs (150. god.)	4847	7272	5535	4170

Од укупно тестиране 24 сезоне у 14 случајева те разлике су толерантне, крећу се у границама од ± 5,0% , међутим у 10 сезона те вредности се крећу изнад 5,0% и могу да достигну вредност као што је речено и до 20%. *Дакле, 25-годишњи низови не могу увек да буду меродавни за изучавање отицања када су у питању сезоне у години.* Из истих разлога потребно је изабрати дуже низове. Истина, само су периоди 1840-1864. и 1865-1889. били циклични. Значи, да је из једног дугог периода могуће пронаћи 25-годишње репрезентативне низове, али је њих нужно упоредити са

дугогодишњим низом, или ако се за неку реку не располаже са 25-годишњим низом, као што је случај са већином наших река, онда се краћи низ генерише на дужи, путем односа са другом станицом, па се онда приступа провери његове цикличности.

Тестирање 35-годишњих низова. - За анализу су изабрани периоди 1840-1874, 1865-1889, 1890-1924, 1930-1964. Укупно је тестирано 16 сезона 35-годишњих низова (таб. 5). Резултати су показали да нема битнијих разлика између протицаја унутар сезона као и њихових одступања од 150-годишњег просека.

Таб. 5. -*Тестирање 35-годишњих низова сезонских протицаја*

Tab. 5.-*A testing 35-annual series for seasonal discharges*

Период	Зима	Пролеће	Лето	Јесен
1840-1874	4601	6856	5515	4143
1865-1890	4463	7150	5489	4135
1890-1924	4613	7416	5663	4172
1930-1964	4843	7330	5218	4047
1840-1989	4847	7272	5535	4171
DQ max	0.0	2.0	2.3	0.0
DQ min	-8.0	-5.7	-5.3	-2.5

Закључак: Када су у питању репрезентативни хидролошки низови за југословенски део Дунава и друге веће реке, за изучавање режима реке неопходно је узети низове од најмање 25 година ако се анализирају годишње вредности отицања, 35 година за сезонска отицања, а око 50 година за месечне протицаје. За све ове вредности могуће је изабрати и краће периоде, али је њихову цикличност потребно проверити са станицом која има дуги низ осматрања.

Честина појављивања сушних и водних година

Ако се средњегодишњи протицаји из табеле 1. изразе статистички по класама од по Q= 500 m^3/s за мале и средње и Q= 1000 m^3/s за велике воде и њихов број упореди са укупним бројем осмотрених узорака (150 година.), добија се слика честине појављивања карактеристичних протицаја, која је приказана у табели 6. У погледу средњегодишњег

протицаја може се рећи да су најчешћи у класи од 4500-5000 m^3/s, укупно 35 случајева или 23.3%, затим од 5000-5500 m^3/s, са 29 појављених година (19.3%), од 5500-6000 m^3/s 25 случајева (16.7%), и од 6000-6500 m^3/s 20 појава (13.0%). Најмањи број година је са протицајем у класи 7500-8000 m^3/s, један случај и 8000-8500 m^3/s два случаја. Средњегодишњи протицаји испод 4500 m^3/s су најчешћи у класи од 4000-4500 m^3/s (8.7%), 3500-4000 m^3/s (3.3%), а најређи у класи од 3000-3500 m^3/s. Из овога се може извући један општи закључак да средњегодишњи протицаји најчешће варирају око средње вишегодишње вредности, укупно је таквих 54 године а одатле оне опадају идући ка вишим и нижим вредностима.

Таб. 6. - *Честина појављивања средњих годишњих, минималних и максималних протицаја Дунава у Бердапу (1840-1989).*

Tab. 6. - *Frequency of apearing mean annual, minimal and maximal discharge of the Danube in Đerdap (1840-1989)*

Средњи годишњи Q			Минимални протицаји			Максимални протицаји		
класа	број	%	класа	број	%	класа	број	%
3000-3500	1	0.67	1000-1500	13	8.67	5000-6000	2	1.33
3500-4000	5	3.33	1500-2000	41	27.30	6000-7000	5	3.33
4000-4500	13	8.67	2000-2500	54	36.00	7000-8000	18	12.00
4500-5000	35	23.30	2500-3000	28	18.70	8000-9000	27	18.00
5000-5500	29	19.30	3000-3500	8	5.33	9000-10000	29	19.30
5500-6000	25	16.70	3500-4000	4	2.67	10000-11000	23	15.30
6000-6500	20	13.30	4000-4500	2	1.33	11000-12000	17	11.30
6500-7000	11	7.33				12000-13000	10	6.67
7000-7500	8	5.33				13000-14000	8	5.33
7500-8000	1	0.67				14000-15000	7	4.67
8000-8500	2	1.33				15000-16000	4	2.67
Сума	150	100.00		150	100.00		150	100.00

Што се пак тиче минималних протицаја везаних за један дан у години важи правило да и они најчешће варирају у класи око средње годишњег минималног протицаја, то јест од 2000-2500 m^3/s, са 54 појаве (36.0%), и од 1500-2000 m^3/s, 41 случај (27.3%). Минимални протицаји ређе учестаности су од 1000-1500 m^3/s са 13 појава (8.7%), затим од 2500-3000 m^3/s са 28 година (18.7%), од 3000-3500 m^3/s, 8 (5.3%) појава, а најређи су у класи од 4000-4500 m^3/s са две појаве.

Међутим, максимални годишњи протицаји имају много веће варијације и амплитуде, јављају се у границама од 5000-16000 m^3/s. Најучесталији максимални протицаји су у класи од 9000-10000 m^3/s, са 29 појава или 19.3% и од 8000-9000 m^3/s са 27 појава (18.0%). Виши и нижи максимални протицаји су нормално ређе појаве, али већу заступљеност имају протицаји у класи од 7000-8000 m^3/s (18 случајева), и 10-11000 m^3/s (23), 11-12000 m^3/s (17), од 12-13000 m^3/s (10). Протицаји су најређи у класи од 5000-6000 m^3/s (2) и 15-16000 m^3/s (4). Као што се види, амплитуде појављивања средњих, минимланих и максималних годишњих вода се битно разликују, највеће су код максималних вода, који се могу кретати, као што је већ речено од 5000-16000 m^3/s, затим средњегодишњих од 3000-8500 m^3/s, и коначно минималних, чије вредности варирају у границама од 1000-4500 m^3/s.

Апсолутно минималне воде на Дунаву у сектору Бердапске клисуре су се појавиле у прошлом веку, па је најмањи протицај од 1150 m^3/s осмотрен 1866 године, затим по редоследу појављивања занимљиви су следећи минимални протицаји: 1190 (1858, 1902. године), 1220 (1893. године), 1250 (1954. године), 1290 (1864. године), 1310 (1901. године), 1330 (1947. године), 1350 (1862. године), 1370 (1933, 1953. године), и 1460 m^3/s (1909. године). Најучесталије мале воде биле су трећем по реду кварталу инструменталног периода 1890-1914. година, када је средњегодишње Q минимално 2010 m^3/s. У том периоду забележено је 13 година са минималним годишњим протицајем испод 2000 m^3/s. Насупрот томе, повишени минимални протицаји су били у последњем 25-годишњем периоду проучаваног низа, то јест од 1965-1989. године када је средњегодишње Q минимално највеће, 2410 m^3/s. У том периоду, само је 5 година имало протицаје мање од 2000 m^3/s.

Апсолутно максималне воде су се такође појавиле у прошлом веку. Апсолутно највећи протицаји од 15900 m^3/s, осмотрени је 17. 04. 1895. године; за њим по редоследу појављивања следе 15500 m^3/s (14. 04. 1888. године), 15400 (7. 06. 1897. године), 15100 (13. 04. 1940. године), 14800 (27. 03. 1981. године), 14700 (25. 06. 1943. године), 14310 (29. 05. 1970. године), 14200 (9. 04. 1924. године), 14100 (1. 04. 1876. године) 14000 m^3/s (1845, 1919. године). Ако се издвоје протицаји $Q max > 10000$ m^3/s, онда је њих било у проучаваном периоду 69, са просечном појавом сваке друге године. Најучесталије максималне воде (> 10000 m^3/s) биле су од 1965-1989. године (15 година), и периоду 1915-1939. година са 14 осмотрених

година. Највећи број година са великим водама мањим од 10000 m^3/s је био у првом кварталу 150-тогодишњег периода (1840-1865. година) са 19 појављених година.

Вероватне мале и велике воде су у већини случајева потврђене са осмотреним. Стогодишња мала вода се појавила у 1858. и 1902. години са вредношћу од 1100 m^3/s, док су двадесетогодишње и 50-тогодишње између 1200-1350 m^3/s. Вероватне максималне воде ређе учестаности појава су се на Дунаву појавиле. До сада највећа осмотрена вода је око 16000 m^3/s, која се према подацима из табеле 7 налази између 100-годишње и 1000-годишње велике воде; 10-годишње и 50-годишње велике воде су у границама између 13500-15250 m^3/s. Таквих вода у 150-годишњем периоду је било у више година.

Таб. 7. - *Вероватноћа малих и великих вода на Дунаву у Ђердапу (n=150)*

Tab. 7. - *Probability of lower and higher water on the Danube in Đerdap (n=150)*

Година јављања	10 год.	20 год.	50 год.	100 год.	1000 год.
Мале воде	1500	1350	1200	1100	
Велике воде	13500	14200	15250	15800	17000

Најводније године по средњегодишњем протицају су 1915. (8050 m^3/s), 1970. (8000 m^3/s), 1941. (7900 m^3/s), 1937. (7440 m^3/s), 1965. (7440 m^3/s), 1940. (7390 m^3/s), 1926. (7220 m^3/s), а *најсушније* 1863. (3340 m^3/s), 1921. (3680 m^3/s), 1866. (3700 m^3/s), 1943. (3810 m^3/s), 1894. (3960 m^3/s), 1949. (3980 m^3/s), 1908. (4110 m^3/s), 1918, 1947. (4130 m^3/s).

Најчешћи датуми појављивања минималних годишњих вода на Дунаву су у октобру, септембру и новембру а веома ретко у зиму, док се практично минималне воде не јављају у пролеће и у рано лето. Друга декада октобра је означена као период са најчешћом појавом малих вода. Насупрот томе, честина појављивања максималних протицаја је далеко највећа у априлу и мају, укупно 78 случајева (50%), затим следе март (19) и јуни (16). Најмања учесталост великих вода је у јесен и зиму. Друга декада априла и маја су периоди са највећом честином великих вода, односно то су периоди када можемо очекивати најчешће поплаве чије трајање у максимуму може да буде и до тридесет дана.

Честина појављивања средње месечних протицаја

Распоред отицања унутар године на Дунаву се разликује од других река. Највећи протицаји су у пролеће и почетком лета. У овоме заначајан удео има снежница са Алпа и других планина која храни Дунав све до јуна месеца (таб. 8.). Као последица тога , варијације месечних протицаја су мале, коефицијенти варијација се крећу од 0.19-0.35, највећи су зиму или јесен, а најмањи у пролеће и лето. Дакле, они стоје у супротном односу према отицањима која су највећа у априлу, мају и јуну, а најмања у октобру, септембру и августу. Специфична издашност слива Дунава је велика. Просечна годишња вредност је 9.47 $l/s/km^2$, а по месецима је највећа у априлу 13.4 $l/s/km^2$, а најмања у октобру 6.8 $l/s/km^2$.

Таб. 8. - *Средње месечни и годишњи протицаји на Дунаву у периоду 1840-1989.* (*Ђердап*)

Tab. 8. - *Mean monthly and yearly discharge of the Danube in the period 1840-1989. (Đerdap)*

Месец	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god
Qs	4608	4142	6458	7740	7617	6604	5529	4417	3923	3919	4668	4993	5456
Cv	0.37	0.31	0.28	0.30	0.30	0.28	0.28	0.30	0.35	0.39	0.38	0.36	0.19
σ	1705	1532	1808	2322	2285	1850	1548	1341	1373	1528	1774	1800	1037

Qs-средње годишњи протицај (m^3/s), Cv-коефицијент варијације, σ-стандардна девијација (m^3/s)

Честина појављивања средње месечних протицаја условљена је режимом Дунава, односно распоредом падавина и утицајем физичкогеографских фактора слива. Нормално је очекивати њихову највећу честину око просечних месечних вредности, мада амплитуде између просека и највеће односно најмање средњемесечне вредности могу да буду велике. Оне су значајне ако се праве планови коришћења вода по сезонама, па осим научног имају велики практични значај. У табели 9. су највећи и најмањи средњемесечни протицаји у 150-годишњем периоду са разликом у односу на месечни просек.

Као што подаци показују, највећи средње месечни протицаји су увек већи од 10000 m^3/s од јануара до септембра и могу да достигну вредност близу 14000 m^3/s. У сушнијем периоду (јесен) те вредности су испод 10000 m^3/s, али

су изнад 7000 m^3/s. Њихове величине се битно разликују од вишегодишњег просека и нису мање од 4000 m^3/s. Те разлике се крећу у првој половини године око годишњег просека, у лето прелазе 6000 или 7000 m^3/s, да би у јесен пале испод 5000 m^3/s.

Таб. 9. - *Највећи и најмањи средње месечни протицаји и њихово одступање од просека у периоду 1840-1989.*

Tab. 9. - *The largest and smallest mean monthly discharges and their deviation of average in the period of 1840-1989.*

Месец	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Mes max	10150	10020	11600	13700	13300	13700	12400	10510	7900	7950	9940	10800
DQ	5542	5078	5142	5960	5683	7096	6871	6039	3977	4031	5272	5807
Mes min	1470	1370	2830	3860	4280	3450	3000	2270	1870	1500	1880	1780
DQ	-3138	-3572	-3628	-3880	-3337	-3154	-2529	-2201	-2053	-2419	-2788	-3213

DQ-одступање од вишегодишњег просека

Минималне вредности средњемесечних протицаја су у шест месеци испод 2000 m^3/s, а у пролеће и лето изнад 3000 m^3/s. Оне су нормално, увек ниже, од просечних месечних протицаја, па су одступања означена негативним предзнаком. Највеће разлике су у пролеће, зиму и лето.

Што се тиче честине појављивања средње месечних протицаја, нпр. по одређеним класама, важи правило што је речено за годишње протицаје, да се различито понашају од месеца до месеца. Код влажнијих месеци варирају око неке средње вредности, а у сушним месецима нема такве законитости. Честина месечних протицаја подједнако је заступљена по класама. У овом одељку овакве анализе су урађене за најводнији месец април (Q=7740 m^3/s) и најсувљи октобар (Q=3919 m^3/s). Усвајајући класу протицаја од по 1000 m^3/s за април, анализа је показала да су најучесталији протицаји од 7000-8000 m^3/s (29 случајева), затим 8000-9000 m^3/s (26) и 6000-7000 m^3/s (25). Изнад и испод ових вредности постоји симетрија у погледу појављивања карактеристичних протицаја, честина је најмања у класи од 13-14000 m^3/s само 4 појаве и од 3000-4000 m^3/s, такође са 4 појаве.

У најсувљем октобру, најучесталији протицаји су у класи од 4000-5000 m^3/s (23) и од 3500-4000 m^3/s (21). И у другим класама је слична заступљеност рангираних протицаја,

нпр. од 2000-2500 m^3/s (20 појава), из чега произилази да је трајање малих вода знатно дуже од великих, мада то више зависи од водности године (водна, сушна).

Класификација година по водности

Дугогодишња осматрања на Дунаву омогућила су да се статистичком анализом класификују године по карактеру њихове водности. Тако су уз године средње водности, сушну и водну, уведени још појмови веома сушна, веома водна, катастрофално сушна и катастрофално водна. У хидролошкој пракси још увек нису рашчишћени појмови како дефинисати године одговарајуће водности, односно како за такву годину утврдити праг и границу када она настаје и престаје. Нису ни дефинисане методе како извршити поделу година по водности. Зна се нпр. да је просечна вишегодишња вода обезбеђености 50%, водна година 25%, сушна 75%. Међутим, за сваку од ових вредности добија се само једна величина протицаја, а познато је да серије низова имају своју расподелу, групишу се око неке средње вредности, па тако сви протицаји нижи и виши од 50%-не воде могу да буду означени у извесним границама као просечни са толерантним одступањима од вишегодишње вредности. Проблем рангирања година по водности донекле је размотрен у литератури [*Лучшева А. А.* 1976.] , где су појмови тако дефинисаних година слични појмовима уведених у овом раду. Према истој литератури, катастрофално водна година је обезбеђености 0,01% и 0,1%,веома водна 1%, водна 3%, средње водна 50%. Међутим, у оквиру ове градације, између појма водна и средње водна уведена је и средње многоводна година са процентом јављања од 10%. Како није довољно јасно шта је то "средње многоводна година", у нашем раду смо се определили да један део тих година буде у средње водној, а други у водној години. Такође, исто то важи и за сушне године, где је аналогно великим водама уведена и средње маловодна година са процентом јављања од 4%. И у овом случају поступљено је слично као код средње многоводне године. У оваквој класификацији хидролошких година није дат праг преласка између једне у другу водност, па то представља основну тешкоћу у деоби година по њиховој водности, што у наведеној литератури није учињено.

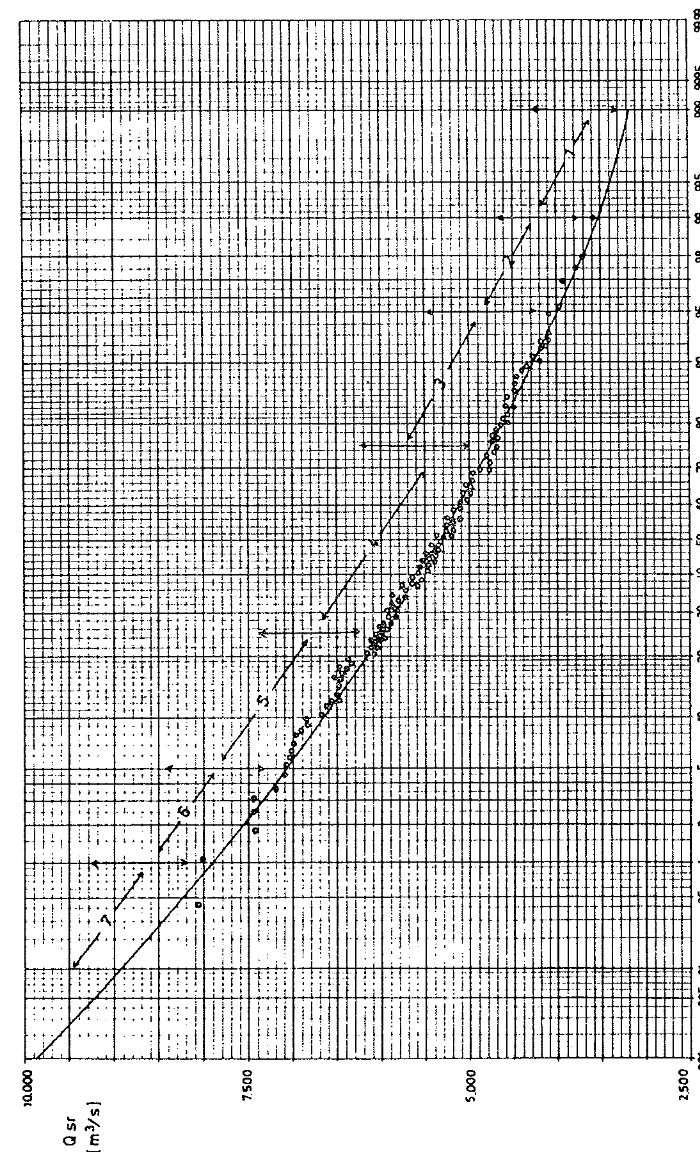
Основни критеријуми за класификацију година по водности. - Користећи расподелу Pearson III, све годишње протицаје Дунава у Ђердапу изразили смо помоћу криве вероватноће (скица 3). Она је дефинисана са раније датим параме-

трима, средњом аритметичком вредношћу (5456 m^3/s), коефицијентом варијације, Cv=0,17 и коефицијентом асиметрије криве расподеле Cs=0,47. Најбољим избором Cs, потврђено је правилно груписање тачака око теориске криве вероватноће, са обухваћеном амплитудом од најмањих до највећих вредности, што је било могуће с обзиром на дужину осмотреног периода.

Као критеријум за рангирање година по водности усвојено је да све ***године средње водности*** буду у границама од 25-75%, ***сушне (маловодне)*** од 75,1-95%, ***веома сушне*** од 95,1-99% и ***катастрофално сушне*** од 99,1-99,9%. Градација влажних година ишла би сличним редом, тј. **водна година** била би означена у процентима појављивања од 25,0-5,1%, **веома водна** од 5,0-1,1% и **катастрофално водна** од 1,0-0,01%. На скици 3. означена су поља карактеристичних година у растућем и опадајућем низу у односу на вишегодишњи протицај. Као што се види, највећа заступљеност мерених тачака је у домену средњих вода, а затим тај број опада ка апсолутно највишим и најнижим вредностима. Види се да су катастрофално водне и катастрофално сушне године ретке учесталости појава, просечно једном у 100 и више година. Ако бројке вероватноће преведемо у стварне вредности протицаја, онда су средње године по водности са протицајем од 4751-6000 m^3/s, сушне од 4000-4751 m^3/s, веома сушне од 3500-4001 m^3/s, а све године са средње годишњим протицајем мањим од 3500 m^3/s су катастрофално сушне године. У растућем смислу, године које су са Qs од 6001-7000 m^3/s су водне, од 7001-8000 m^3/s веома водне и изнад 8000 m^3/s катастрофално водне. Као што се види у овој подели, која је прилагођена овом раду може да буде спорно и донекле дискутабилно то што је праг прелаза из једне у другу водност само један метар кубни воде. У оваквој ситуацији, може се увести и допунска класификација, увођењем ткз. **прелазних година** између две водне градације, нпр. да нека година буде означена као прелазна између сушне у веома сушну, или између средње водне у водну годину.

Ако се класе протицаја за карактеристичну водност изразе у односу на 150-годишњи просек (5456 m^3/s)., онда би катастрофално сушна година одступала за 36%, веома сушна од 26,7-36%, сушне од 13-26%. Године средње водности одступале би за 10-13%, водне године за 13,1-28,3%, веома водне од 28,4-46,6%, а катастрофално водне за више од 47%.

Рангирање година по водности Дунава у Ђердапу. - Примењујући изнети критеријум на средње годишње протицаје Дунава, према подацима из таб. 1, добијена је статистика појављивања година по карактеристичној водности (таб. 10).



Ск. 3. - *Крива вероватноће средње годишњих протицаја са поделом година по карактеру њихове водности за Дунав (Оршава-Кладово) за период 1840-1989.*

Fig. 3. - *The curve probability of the mean yearly discharges with distribution of the years by their watery characteristics of the Danube river (Oršava-Kladovo) in the period 1840-1989.*

1. катастрофално сушне; 2. веома сушне године; 3. сушне године; 4. године средње водности; 5. водне године; 6. веома водне; 7. катастрофално водне

Видимо да је највећи број појава средње водних година, укупно 74, што је приближно 50% од свих обрађених узорака (150), затим је заступљена симетричност код сушних и водних година у приближно истом односу (29:30), слично као код катастрофално сушних и катастрофално водних година (по један случај). Једино се појављује разлика између веома сушних (5) и веома водних година (10). Међутим, како су после 1989. године наступиле сушне године, може се очекивати да ће ускоро и тај услов бити испуњен. Нпр. средње годишњи протицаји Дунава у Кладову је у 1990. години Qs=3778 m^3/s, у 1991. Qs=4836 m^3/s и 1992. године Qs=4684 m^3/s. Ако ове године рангирамо помоћу графикона са скице 3. и таб. 10, 1990. је веома сушна, 1991. је прелазна између средње водне и сушне, а 1992. је сушна година. Као што се види, после 1989. године наступио је период сушнијих година, па је број од 29 раније појављених сушних повећан на 31, а веома сушних на 6.

Хидролошка класификација година по водности има велики практични значај у решавању бројних водопривредних проблема, па је њу потребно практиковати при изучавању режима река. Она може бити путоказ у прогнозирању појављивања сушних и влажних периода у једном дужем временском раздобљу, што је са аспекта коришћења вода веома значајно. Она би могла да буде примењивана и за друге реке сличног режима Дунаву; међутим, спорно је, да ли она може да се односи на мање реке са другим режимима, јер се сушне и водне године не морају појављивати истовремено на свим рекама једног ширег региона. Наравно у томе се још нема искустава, па би овакве анализе требало наставити и за мање речне сливове на којима постоје дугогодишња осматрања. Сигурно је да ће се у томе различито понашати реке у чисто нивалном или плувијалном, односно у плувио-нивалном и нивално-плувијалном режиму.

Анализа година по карактеру њихове водности. – Анализирајући податке из таб.1, запажамо да су се историске водне и сушне године појавиле на Дунаву у прошлом и овом веку, то су катастрофално сушна 1863. година са протицајем мањим од 3500 m^3/s и катастрофално водна 1915. година са средње годишњим протицајем већим од 8000 m^3/s. У веома сушне године спадају 1866, 1894, 1921, 1943 и 1949. Веома водне су: 1853, 1879, 1919, 1926, 1937, 1940, 1941, 1955, 1965. и 1970.

година. Дакле, нема неке правилне хронологије у појављивању веома сушних и веома водних година, па се за њих може рећи да су то случајне појаве.

Таб. 10. - *Рангирање година по водности Дунава у Ђердапу за последњих 150 година (1840-1989).*

Tab. 10. - *A ranking years in the watery of the Danube in Đerdap for latest one hundred and fifty years (1840-1989)*

Водност године	Протицај	Г о д и н е	Број година	% јављања
Катастрофално сушне	< 3500	1863	1	99.1-99.9
Веома сушне	3500-4000	1866, 1894, 1921, 1943, 1949	5	95.1-99
Сушне године	4001-4750	1842, 1854, 1856, 1857, 1858, 1862, 1865, 1869, 1873, 1874, 1887, 1890, 1891, 1898, 1904, 1908, 1909, 1911, 1918, 1928, 1929, 1934, 1946, 1947, 1950, 1961, 1971, 1973 1983	29	75.1-95
Средње водне године	4751-6000	1840, 1841, 1843, 1846, 1848, 1849, 1852, 1859, 1861, 1864, 1867, 1868, 1872, 1875, 1877, 1880, 1882, 1883, 1884, 1885, 1886, 1888, 1889, 1892, 1893, 1896, 1899, 1901, 1902, 1903, 1905, 1906, 1907, 1913, 1917, 1920, 1922, 1923, 1925, 1927, 1930, 1931, 1932, 1933, 1935, 1936, 1938, 1939, 1945, 1948, 1951, 1952, 1953, 1954, 1956, 1957, 1958, 1959, 1960, 1962, 1963, 1964, 1968, 1969, 1972, 1976, 1978, 1982, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989.	74	25.1-75
Водне године	6001-7000	1844, 1845, 1847, 1850, 1851, 1855, 1860, 1870, 1871, 1876, 1878, 1881, 1895, 1897, 1900. 1910, 1912, 1914, 1916, 1924, 1942, 1944, 1966, 1967, 1974, 1975, 1977, 1979, 1980, 1981,	30	25-5.1
Веома водне	7001-8000	1853, 1879, 1919, 1926, 1937, 1940, 1941, 1955, 1965, 1970..	10	5-1.1
Катастрофално водне	> 8000	1915	1	1-0.01

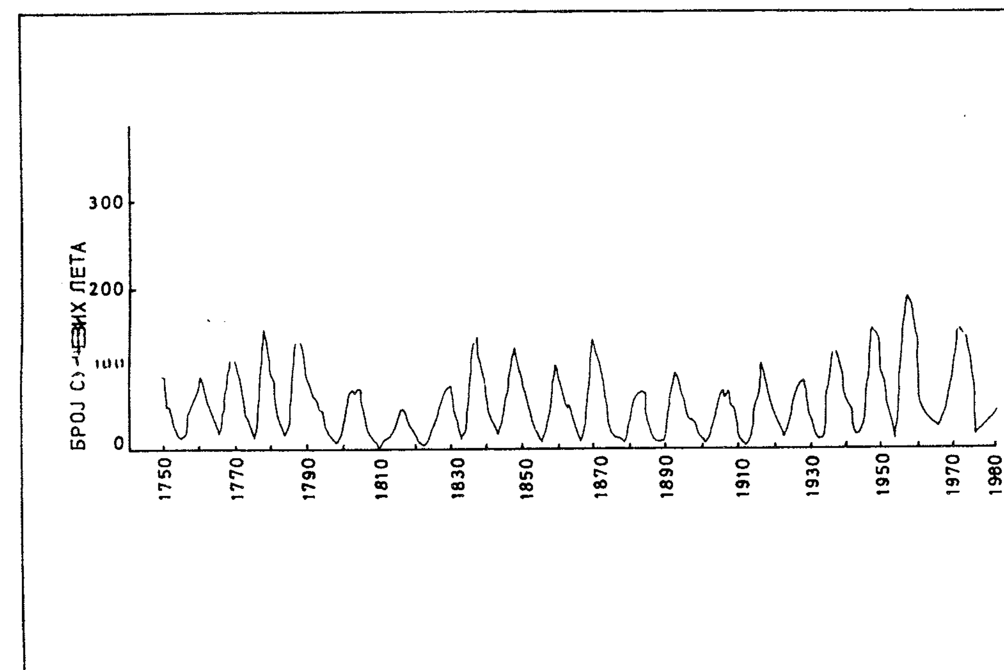
Слична је ситуација и са сушним и водним годинама, само што је њихова честина појављивања знатно већа. И сушне и водне године се јављају у размаку од 4-20 година, док се средње водне јављају сваке друге године. Ако упоредимо честину појављивања година у прошлом и овом веку, уочавамо донекле њихову синхрозинованост, нпр. у прошлом веку је била катастрофално сушна, у овом катастрофално водна, веома сушне године су такође биле правилно распоређене, две у прошлом, три у овом столећу, док то не важи за веома водне године. Њихова појава је знатно већа у XX веку са 8 од могућих 10 случајева. И сушне и водне године имају правилан распоред, подједнак број појава у прошлом (15) и овом веку (15). За године средње водности оваква заступљеност је нешто другчија, 27 година у XIX и 47 у XX веку, што је свакако последица неједнаке дужине осмотрених периода, у прошлом веку 60 и у овом 90 година.

Цикличност отицања и Сунчеве пеге

Према истраживањима утицаја сунчеве активности на метеоролошке и хидролошке процесе на Земљи, данас у свету постоје опречна мишљења, а и подаци о тим истраж ивањима су оскудна. Још увек се не располаже са меродавним и верификованим подацима, да ли Сунчеве пеге имају неке активности у генези сушних и водних периода на Земљи. Зна се да се сунчеве пеге јављају просечно сваке 11-те године. У инструменталном периоду од 1749. године од када се оне осматрају до 1978. године [*Rhodes W. F, 1967*] је било око 20 циклуса сунчевих пега, од којих је сваки имао свој максимум и минимум, са највећом интезивношћу у периодима око 1780, 1840, 1870, 1950, и 1960. године (скица 4).

Поређењем цикличних влажних и сушних периода на Дунаву са циклусима сунчеве активности, може се рећи да скоро нема неке зависности у томе, јер се и влажни и сушни периоди јављају и у доба минимума и у доба максимума сунчевих пега, и у вези тога се не могу извући одређ ени закључци. Као што је раније речено, сваки циклус карактеришу прелазне године (из сушнијег у влажнији и обрнуто), то су према скици 2. године 1853, 1875, 1881, 1909, 1935, 1942, 1964, и 1982. Према броју сунчевих пега до 1978. и доцније [*Гавриловић Љ. 1981*] у тим годинама или око њих забележен је минимум сунчевих пега, или сваком периоду прелаза из једне у другу водност предходи максимум сунчеве активности. Међутим, дужина трајања хидролошких сушних и влажних периода такође нема чврсту корелативну

зависност са трајањем сунчеве активности, јер сунчеви циклуси трају просечно око 11 година, а хидролошки могу да трају од 16-45 година. Једина хронологија у погледу цикличности влажних периода јесте што се, према подацима за последњих 80 година, максимални протицаји изнад 10000 m^3/s јављају у просеку сваке седме године. Последња је била 1988. (Q_{max}= 12.700 m^3/s), па би, следећи овај континуитет, наредни слични максимум могао да се појави у 1995. и 2002-ој години. Али, судећи по броју појављених максимума унутар сваког таквог седмогодишњег периода, није искључено да се велике воде појаве између ових година. Према томе, и овде важи правило да су максималне воде као и друге хидролошке појаве случајни процеси, немају неку хронологију међусобне зависности са другим природним појавама на Земљи, као што је случај са сунчевом активношћу, која се, према досадашњим истраживањима јавља у одређеним временским интервалима.



Ск. 4. - *Средње годишњи број Сунчевих пега од 1749-1980*
Fig. 4. - *Mean annual number of sunspot from 1749-1980.*

Прогноза појављивања сушних и водних периода на Дунаву

И ако је незахвално давати све врсте прогноза о промени било којег природног елемента на Земљи, па и о промени карактеристика отицања, посебно ако се ради о дуж им временским интервалима какве су управо цикличне појаве, ипак у овм поглављу осврнућемо се и на овај проблем, користећи се пре свега аналогијама појављивања цикличних временских серија обрађених у предходним поглављима. Према подацима са скице 2, извесно је да је период 1964-1982. био влажнији од предходног сушнијег за 18%. Следећи даљи ток кретања цикличних појава на Дунаву после 1982. године када је завршен један воднији период последњег IV циклуса, узимајући и године до 1992., могло би се рећи да настаје један дужи сушнији период који ће вероватно трајати до краја десете деценије овог и бити пренет у прву деценију наредног века, са средњим протицајем чија би вредност била нижа за 15% од предходног. Прогнозира се да би просечни протицај наступајућег сушнијег периода V циклуса био око 5000 m^3/s са дужином трајања од око 20 година. У њему би , као и у свим предходним циклусима била могућа појава једног влажнијег микроциклуса са 2-3 влажне или веома влажне године. Следећи V циклус имао би знатно више сушних него влажних година. Нису искључене и веома сушне године са средње годишњим протицајем испод 4000 m^3/s, јер је последња таква година била 1949, док је последња сушна била 1983. година са Qs мањим од 4750 m^3/s. Последња веома водна је 1970, а водна 1981. година. Имајући у виду да је у периоду 1983-1992. година већ било 6 средње водних, а следећи аналогију смене година по водности у ранијим периодима, може се очекивати чешћа појава сушних година са неком изузетно сушном, или би убрзо могао да буде изједначен однос у погледу броја појављених веома сушних, којих је у обрађиваном периоду било 5, према веома водним, којих је било 10 (таб. 10). После 1989. године осматрања су потврдила ову предпоставку, јер је 1990. била веома сушна, 1992. сушна, а 1991. прелазна између сушне и средње водне године.

Што се пак тиче *максималних и минималних* вода, строго узев, законитост њиховог појављивања није везана за цикличне појаве, већ су то случајни процеси. Ако се узме доња граница великих вода од 10.000 m^3/s, онда је таквих протицаја у осмотреном периоду било 69, са просечном појавом сваке друге године. Међутим, по распореду њиховог појављивања, најучесталији максимални протицаји (10.000 m^3/s) су били у овом веку, тачније од 1912-1916, непрекидно скоро у свакој години, затим у периоду 1952-1958. и 1965-1982, такође скоро у свакој години. Изузетно, максималне воде , нпр. веће од 14.000 m^3/s биле су равномерно распоређене у 19 и 20 веку, али и оне немају своју законитост временског појављивања. Последња година са Qmax од 14.800 m^3/s је била 1981, затим 1942. (14.700 m^3/s), па тек онда 1970. (14.310 m^3/s).

Минималне воде имају сличне осцилације као и велике воде, али су оне у последњих 20 година у нешто измењеном режиму под утицајем рада ХЕ "Ђердап". Ако посматрамо све минималне протицаје испод 2000 m^3/s и то до 1972. године (пре изградње бране), њихова највећа честина је у времену од 1855-1866. године, затим крајем 19 и почетком 20 века, као и у периоду 1943-1954. Дакле, и код ових вода не постоји законитост временских серија, па и за њих важи правило да се јављају од случаја до случаја. Минималне воде прате сушне периоде, па се за сваки прогнозирани такав период могу очекивати и године са минималним протицајем испод 2000 m^3/s. Иначе, у 150-годишњем периоду укупно је забележено 54 године са Qmin мањим од 2000 m^3/s. Ове воде се појављују просечно сваке треће године. Чешће се догађа да минимални протицаји у неким годинама буду већи од средње годишњих вода других веома сушних година. Нпр. 1845. година је са Qmin=4100 m^3/s, 1915. (4130 m^3/s), 1955. (3930 m^3/s, 1960. (3590 m^3/s), чије су вредности веће од средње годишњих протицаја 1863. (3340 m^3/s), 1866. (3700 m^3/s), 1921. (3680 m^3/s), итд.

ЧЕСТИНА ПОЈАВЉИВАЊА ДЕКАДНИХ ПРОТИЦАЈА НА САВИ И МОГУЋНОСТИ ЊИХОВОГ ПРОГНОЗИРАЊА

У одељку овог рада проучен је режим, честина и трајање декадних протицаја на р. Сави у Сремској Митровици у периоду 1926-1970. година *[Оцокољић М. 1972]* . Издвојени су периоди са појавом карактеристичних декадних протицаја одређене учесталости, времена појављивања са освртом на прогнозирање средње декадних протицаја применом аутокорелационих модела. Средње декадни протицаји Саве прате месечне протицаје, највећи су у пролеће, тачније у 10, 11, 12 декади године, а најмањи у лето и јесен, са најмањом вредношћу од 23-26 декаде (таб. 11).

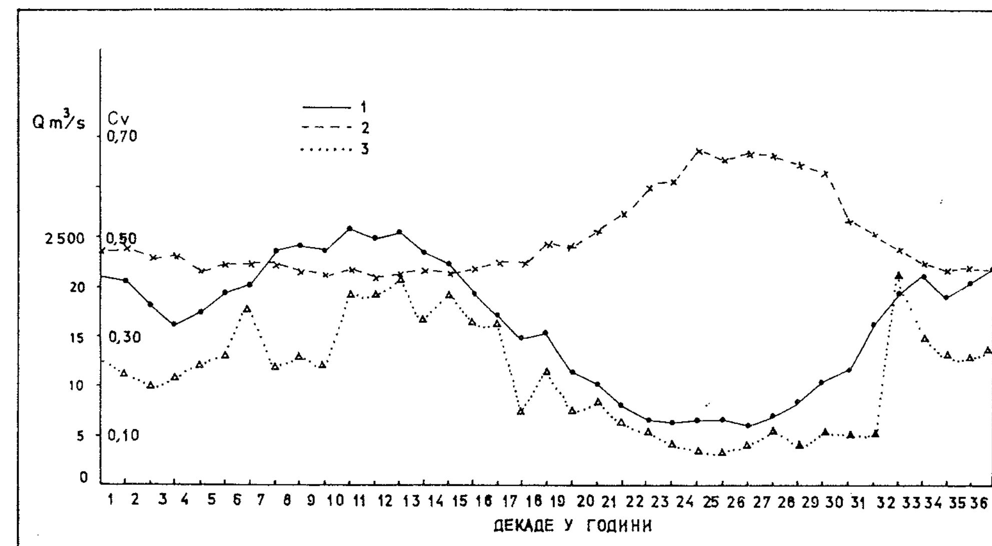
Таб. 11. - *Средње декадни протицаји Саве код Сремске Митровице (1926-1970).*

Tab. 11. - *Mean decades discharge of the Sava in Sremska Mitrovica (1926-1970).*

Декада	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Q	2070	1820	1670	1740	1950	2040	2370	2390	2370	2590	2500	2540
Декада	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Q	2370	2240	1970	1710	1500	1540	1190	1020	828	696	634	670
Декада	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Q	670	632	712	860	1050	1170	1640	1930	2160	1960	2040	2080

У односу на месечне протицаје, декадни више варирају, више су променљиви, са највећим коефицијентима варијације у јесен када је он већи од 0,50. У зимским и пролећним декадама, коефицијенти варијације су мањи од 0,50. Другим речима, највећим вредностима протицаја одговарају најмањи коефицијенти варијације, и обрнуто, најмањим протицајима одговарају највећи коефицијенти варијације. У односу на просечну вредност, декадни протицаји имају мању променљивост. Она је најбоље исказана помоћу стандардне девијације, која је насупрот коефицијентима варијације највећа у пролеће и почетком лета, прати највеће протицаје, док је најмања у лето и јесен, када су и протицаји најмањи (скица 5). Протицаји највеће учесталости су нпр. у 6 декади у класи од 1800-1900 m^3/s, у 17 od 600-700 m^3/s, у 32 декади 2200-2300 m^3/s. Посматрајући даље кретање декадних протицаја, можемо извући и неке закључке у погледу режима трајања протицаја изнад одговарајуће границе. Ово прво можемо спровести по месецима, пошто сваки месец чине његове три декаде. Нпр. за месец април кога чине 10, 11, и 12 декада, карактеристични протицаји одређеног трајања добијају се из аритметичке средине декадних протицаја, или ако то практично изведемо помоћу графикона са скице 6, онда је Q50%(IV)=2310 m^3/s, а Q20%(IV) = 3550 m^3/s. Даље, карактеристичне тачке са истог дијаграма омогућавају да се конструишу криве трајања протицаја за декаде и месеце.

Познато је да се протицаји у току године мењају не само од месеца до месеца, него зависе и од годишњег доба, а осим тога, они се мењају и по амплитуди. Нпр. амплитуда протицаја од Q10% трајања је 3300 m^3/s, према апсолутној која износи 5680 m^3/s.



Ск. 5. - *Средњи декадни протицаји Саве (Сремска Митровица) у периоду 1926-1970. г. са коефицијентом варијације и највећом честином појављивања*

Sk. 5. - *Mean decades discharge of the Sava river (Sremska Mitrovica) in the 1926-1970. period with coefficient variation and most frequency appearing*

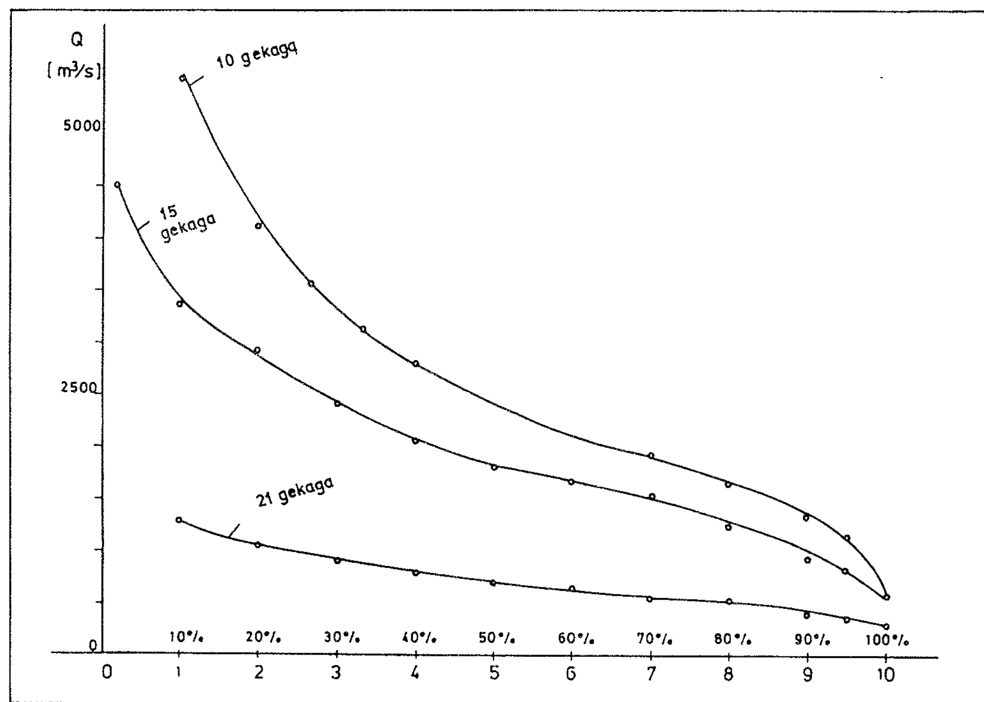
1. Декадни протицаји, 2. Коефицијенат варијације, 3. Честина појављивања

Датуми у којима средњи протицаји одређеног трајања пресецају карактеристичне временске јединице може се такође одредити са скице 6. Праћење односа протицај-време-трајање има већи значај у проучавању режима река, а посебно у прогнозирању вода. Нпр. посматрајући средње декадне протицаје по времену њиховог појављивања, уочавамо да протицај већи од 2000 m^3/s траје од 6-13 и од 33-34 декаде у години. Изражено у временским јединицама, то је просечно годишње 10 декада или 104 дана.

Просечне датуме у којима протицај прелази одређени праг у смислу његовог повећања или смањења, може се одредити из математичког израза

$$\triangle Q_{(p)} = \frac{10\,(Q_i - Q_1)}{Q_2 - Q_1} + t_s$$

у којој су ознаке DQ(p)- просечни датум настанка одређеног протицаја у порасту, Qi- протицај за кога одређујемо просечан датум настанка, Q1, Q2- средње декадни протицаји између којих се налази протицај Qi, ts- средњи датум декаде, или редни број дана у години између Q1 и Q2. У првој декади ts=5, у другој ts=15, и трећој ts=25. Ове вредности се одређују са кривих трајања протицаја.



Ск. 6. - *Просечне криве трајања протицаја за три декаде у години (река Сава - Сремска Митровица)*

Sk. 6. - *Average curves of the duration discharge in the three dekade's in year for the Sava river (Sremska Mitrovica)*

У супротном ако желимо да одредимо просечан датум престанка одређеног протицаја употребљавамо формулу

$$\triangle Q_{(o)} = \frac{10\,(Q_2 - Q_1)}{Q_2 - Q_1} + t_s$$

у којој су исте ознаке као у предходној једначини. Просечно време трајања протицаја нпр. изнад 1000, 2000, 3000 m^3/s одређујемо из разлике DQ(o) и DQ(p). Просечне датуме настанка и престанка карактеристичног протицаја, помоћу таблица претварамо у редне бројеве дана у години, нпр. 5. III је 64 дан у години, 20. IX је 263 дан у години, итд. Затим су употребом предходних израза и дијаграма криве трајања протицаја израчунати карактеристични средњи датуми настанка одређеног протицаја са трајањем за реку Саву у профилу Сремска Митровица (таб.12), као и датуми њиховог престанка са трајањем у зимско-пролећњем и јесење-зимском периоду.

Ради бржег долажења до ових података, можемо да користимо дијаграм са скице 5 (линија 1). Видимо да протицаји већи од 2000 m^3/s непрекидно трају од краја 6 до 15 декаде, затим од 33 до 2 декаде (14 декада, или 140 дана). Или, протицаји мањи од 1000 m^3/s трају од 20-29 декаде а Q веће од 1500 m^3/s од 18-31 декаде.

Таб. 12. - *Датум појаве и престанка карактеристичних протицаја на Сави код Сремске Митровице.*

Tab. 12. - *A dates of appearance and end of the characteristic discharge of the Sava in Sremska Mitrovica.*

	зима - пролеће							јесен - зима				
Qi	Qi(t)	DQ(p)	дан у години	DQ(o)	дан у години	TQ	DQ(p)	дан у години	DQ(o)	дан у години	TQ	TQ год.
500	100%	15.III	74	30.V	150	76						76
1000	80%	23.I	23	10.VI	161	138	17.XI	321	22.I	22	66	204
1500	60%	10.II	41	3.VI	154	113	16.XI	320	10.I	10	53	166
2000	40%	10.II	41	29.V	149	108	11.XI	315	15.I	15	65	173
2500	20%	5.II	36	2.VI	153	117	8.XI	312	8.I	8	61	178
3000	10%	12.II	43	3.VI	154	111	30.X	303	18.I	18	80	191

Ознаке симбола: Qi-протицај, Qi(t)-трајање протицаја у декади, DQ(p)-датум протицаја у порасту, DQ (o)- датум престанка протицаја, TQ-трајање протицаја

Коментар података из таб. 12 могао би да изгледа овако: протицај од 500 m^3/s настаје 15. III (74 дан), а престаје 30. V (150 дан); његово просечно трајање је 76 дана у години. Исти протицај се не појављује у лето и јесен, јер су у то време минималне воде, када су отицања на Сави мања од 500 m^3/s. Ознака Qi(t) са бројком 100% значи да протицај од 500 m^3/s траје у свим декадама наведеног периода непрекидно 365 дана. Или други пример, протицај од 1000 m^3/s траје у зимско-пролећном периоду 8 дана (80%) од могућих 10; почиње 23. I а завршава се 10. VI Његово просечно трајање у првој половини године је 138 дана, или нешто више од 3,5 месеца. У јесењо-зимској сезони, исти протицај траје од 17. XI до 22. I (66 дана), укупно у години 204 дана. Најмању заступљеност имају протицаји виших класа, нпр. протицај у класи од 3000 m^3/s. који је према просечној кривој трајања честине од само једног дана, повремено се појављује од 12. II до 3. VI и од 30. X. до 18. I, са временским периодом од 191 дан у години. Као што се види, најпостојанији протицаји су између 1000 и 3500 m^3/s. Из овог произилази, да велике воде на Сави могу да трају дуго, јер је река са великом површином слива, снег се отапа до у касно пролеће, а велике су ретензије воде у красу.

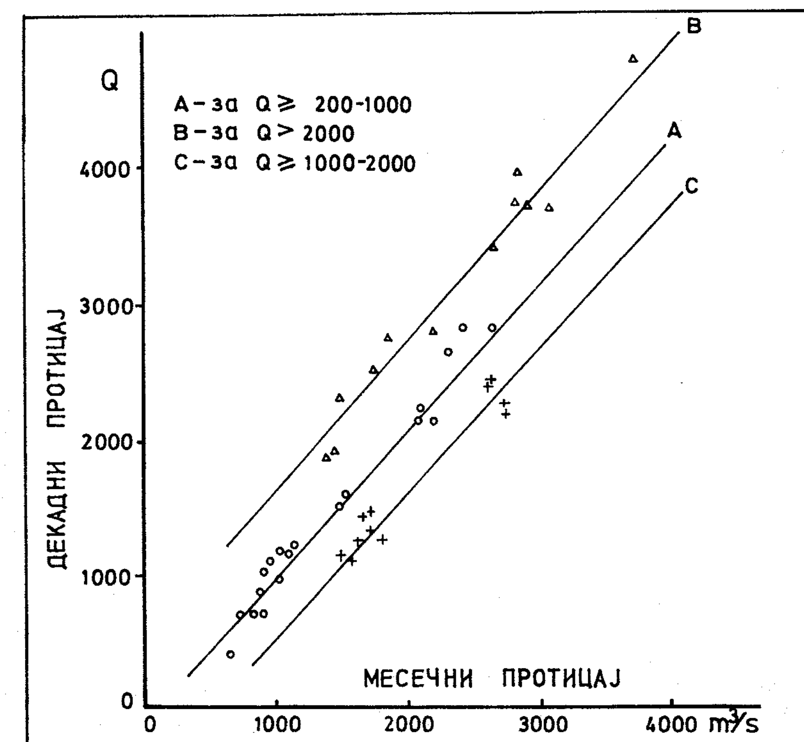
Прогноза средње декадних протицаја

Сава спада у веће реке код које су варијације протицаја мале. На ово, осим пространства слива и његовог облика, утичу рељеф, клима и веће крашке површи на десној страни слива и спорије топљење снега у високо-планинским областима. Зато је за Саву могуће давати тачније и правовремене прогнозе о појави карактеристичних протицаја (мале, средње, велике воде). За ову сврху у хидрологији се примењују познате методе и модели, нпр. кореспонденцијом података са узводним станицама, применом методе тенденције, залиха воде у сливу. Па ипак, најлакше се прогнозирају средње декадни протицаји применом неких од статистичких метода, најчешће коришћењем разних видова корелација.

У овом раду примењен је метод аутокорелација. Декадни протицаји су упоређени са средње месечним протицајем. Конкретно, конструисана је зависност декадних протицја прве декаде у месецу са средње месечним протицајем истог месеца.

Аутокорелације у природним наукама имају велику примену, најчешће се користе у корелацији хидролошких и метеоролошких елемената, јер се они мењају по неким

цикличним појавама, које, како смо раније видели могу да трају у дужим временским интервалима. Познато је да ће неку већу вредност протицаја по правилу сменити мања вредност, и обрнуто, сваку мању вредност обично смењује већа. Ови се односи у хидрологији решавају применом аутокорелација, које користе аутокорелационе коефицијенте у функцији параметара који су временски и по дужини померени између корелисаних вредности низа. Међутим, овом приликом желимо да прикажемо један скраћени и упрошћени поступак прогнозирања средњег протицаја Саве за 20 дана унапред, применом просте линеарне корелације (скица 7 и 8).



Ск. 7. – *Зависност протицаја I декаде јануара од месечног јануарског протицаја.*

Fig. 7. – ***Relationship of the mean discharge of the I-st decades of the January of mean monthly discharge of the same month.***

Конструисана је зависност између средње декадних протицаја и средње месечног протицаја за јануар на реци Сави у Сремској Митровици у периоду 1926-1965. Овај поступак

је урађен за свих 12 месеци у години, али се у овом раду прилажу само зависности за јануар и јули. На скици 7 добијене су три линеарне зависности, означене словима А, В, С, од којих права "А" важи за протицаје од 200-1000 m^3/s, "C" за Q=1000-2000 m^3/s, а "В" za Q веће од 2000 m^3/s. Замисао је овде наиме била да се на основу познавања средњег протицаја прве декаде јануара прогнозира средњи протицај за 20 дана унапред, односно за II и III декаду заједно. Или прецизније речено, на Сави у Сремској Митровици непрекидно пратимо величину протицаја коришћењем водостаја и криве протицаја, па у зависности који је затечени протицај, прогнозирамо будуће Q, коришћењем једне од зависности (А, В, С). Међутим, пошто су овде корелисани декадни и месечни протицаји, познавањем средње декадног протицаја, добијамо средње месечни протицај, који нам служи да одредимо средњи протицај наредне две декаде. Да би то практично извели, користимо доњи израз, према којем је протицај за 20 дана унапред једнак разлици између средње месечног (Q mes), и средње декадног прве декаде (QI), тј.

$$Q_{20} = \frac{Q_{mes} T_1 - Q_I T_2}{T_3}$$

где су Q20-средњи протицај II и III декаде,Qmes-средње месечни протицај, QI-протицај прве декаде, а T1, T2, T3-број дана у месецу, првој декади и заједно у другој и трећој декади. Ако то практично изведемо на примеру затеченог средњег протицаја прве декаде јануара од 1000 m^3/s, а користећи графикон са скице 7, и то праву "А", јер се Q налази између 200-1000 m^3/s, онда је средње месечни протицај 1000 m^3/s. Заменом ових вредности у горњу једанчину добија се Q за 20 дана од 1050 m^3/s. Или други пример, ако је протицај прве декаде јануара 2500 m^3/s, у овом случају користећи праву "В" добијамо Qmes=1900 m^3/s. На исти начин, прорачунато Q за II и III декаду је 1695 m^3/s. Међутим, увек тако не мора да буде; као и сви други хидролошки модели и овај има својих мана. Он може да буде успешан ако се остварује са тачношћу од 80 или 70%. Ово важи за случајеве када дође до наглијег пораста нивоа воде у реци у току једног месеца или декаде, па је избор прагова протицаја код коришћења једне од три корелационих права у том случају проблематичан. Показаћемо то на још једном примеру. Корелационе праве на ск. 7. конструисане су са подацима из периода 1926-1965. године. Намерно су изостављене године од 1966-1973, да би се на њих

извршила провера овог модела. У таб. 13. су упоређени подаци о средње месечним протицајима јануара добијени корелацијом помоћу података прве декаде истог месеца и осмотрених података. Дакле, овом приликом се упоређују само средње месечни протицаји а не и декадни. Јер, од њихове тачности зависи и тачност декадних протицаја.

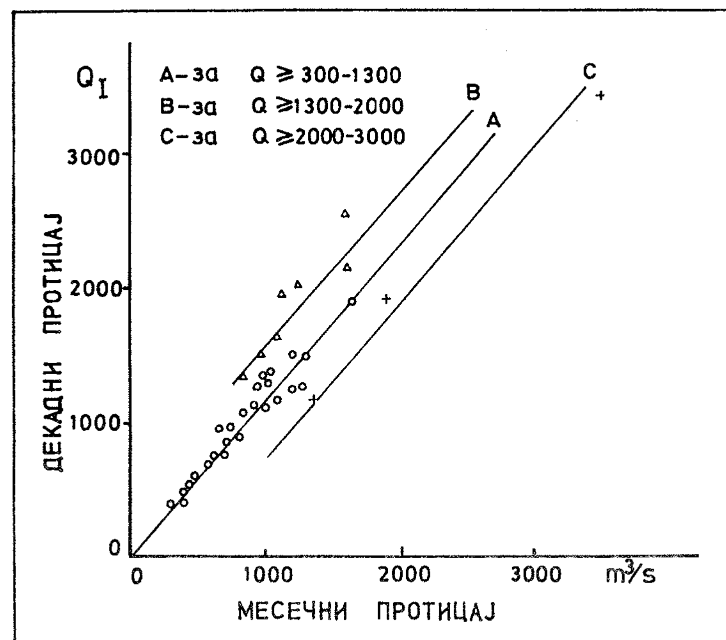
Таб. 13. - *Средње месечни протицаји добијени корелацијом и осматрањем у јануару (Сава - Ср. Митровица).*

Tab. 13. - *Mean monthly discharge was given by correlation and observation in January (Sava - Sr. Mitrovica).*

	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
Корелација	2040	1540	2100	1520	1800	1600	960	910
Осмотрено	1900	1750	2200	1520	3850	1960	950	901
DQ (%)	7.3	-12.0	-4.5	0.0	-53.0	-18.0	1.0	1.0

Упоређујући податке из таб. 13. (прогнозиране и осмотрене) долазимо до закључка да су резултати у 6 случајева задовољавајући, а у два са већим одступањем. Изражено у процентима за свих 8 случајева, прогнозирани месечни протицаји остварени су са 75% тачности. Највећи је изузетак 1970. година, која има одступање -53%. Ова се година према рангу њене водности убраја у веома водне године (2220 m^3/s). Према цикличностима протицаја Саве и вероватноће средњих вода, овакви протицаји се појављују једном у 15-17 година. Ако по горњој формули израчунамо средњи протицај за другу и трећу декаду, нпр. за 1967. годину, где је Qs месечно за јануар 1750 m^3/s, онда је то протицај од 1600 m^3/s, а према осматрањима за те исте две декаде (20 дана) Q је 1505 m^3/s. У овом случају одступање је -6%. Или, изаберимо још један пример, прву декаду јула (скица 8). И код ове зависности појављују се три праве (А, В, С), од којих "А" важи за протицаје од 300-1300 m^3/s, "В" од 1300-2000 m^3/s, и "С" 2000-3000 m^3/s. И у овом примеру појављују се с лична слагања као и код јануара (таб.14). Од тестираних 8 година, само се у два случаја појављују веће разлике, у 1972, где се јулски месечни протицај разликује за -57,6% и 1969. (-19%). У осталим годинама те разлике су толерантне. И у овом примеру прогноза је остварена са 75% тачности. Да би сада проверили и

прогнозиране декадне протицаје, или протицаје за 20 дана унапред, коришћењем ранијег обрасца, израчунати су такви протицаји и упоређени са осмотреним (таб.15).



Ск. 8. – *Зависност протицаја I декаде јула од месечног јулског протицаја*

Fig. 8. – *Relationship of the mean discharge of the I-st decade* of the July of mean monthly discharge of the same month

Овде резултати показују да скоро нема битнијих разлика у свих 5 година између осмотрених и података добијених посредним путем. Највеће одступање је 5,3% (1966), а у другим годинама те разлике су практично сведене на нулу. Према томе, модел аутокорелација декадних и средње месечних протицаја унутар једног истог месеца може да буде примењен у прогнози протицаја, како је у овом примеру показано за 20 дана унапред, што је веома значајно ако се воде користе за производњу електричне енергије или прогнозирају велике воде (таб.15).

Таб. 14. – *Средње месечни протицаји добијени корелацијом и осматрањем у јулу, (Сава – Ср. Митровица).*

Tab. 14. – *Mean monthly discharge was given by correlation and observation in July, (Sava – Sr. Mitrovica).*

	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
Корелација	900	1000	680	900	1480	540	560	700
Осмотрено	862	1110	654	1110	1490	548	1320	708
DQ (%)	4.0	-10.0	4.0	-19.0	-0.1	-1.5	-57.6	-1.0

У овом раду изабран је само један случај корелације, између прве декаде јануара и јула са одговарајућим месечним подацима. Поступак се наравно може проширити на све декаде у месецу, односно може се корелисати друга декада са протицајем од 30 дана кога чини друга,трећа и прва декада наредног месеца, или трећа декада месеца са 30-годишњим средњаком треће, прве, друге декаде, итд.

Таб. 15. – *Средњи протицаји друге и треће декаде јула добијени корелацијом и осматрањем (Сава – Ср. Митровица).*

Tab. 15. – *Mean discharge in the II and III decades of July, was given by correlation and observation. (Sava – Sr. Mitrovica)*

	1966	1967	1968	1969	1970
Корелација	946	1205	591	1165	1390
Осмотреноо	803	1166	593	1167	1395
DQ (%)	5.3	3.3	0.0	0.0	0.0

Применом методе покретних средина, ове корелације се не морају увек везивати за декаде, нпр. увек чекати истек декаде па тек онда давати прогнозу. Могу се формирати декадни протицаји избором било којих дана у месецу и средње месечних протицаја избором 30 дана из два суседна месеца. Једноставно, за сваку станицу на Сави и другим већим рекама сачинити хидролошки модел, који ће уз примену програма бити оперативан у сваком датом тренутку, само

је потребан улазни податак средњег протицаја у трајању од 10 дана. Ово се може поједноставити ако се корелише једна декада са две унапред, онда би у том случају била избегнута употреба месечних протицаја, или пак, да се конструише зависност између само две декаде, како би се на основу података завршне декаде давале прогнозе за наредну декаду.

Свакако, овај метод, као што је раније речено, не даје увек тачне резултате, у неким случајевима одступања могу да буду значајна. У том случају, метод можемо комбиновати са неким другим моделом, али је основа поступка да се у проучаваном сливу увек морају да прате тенденције водостаја преко извештајне службе, односно да ли водостаји стагнирају, опадају или су у порасту. С тиме се донекле могу да отклоне негативни ефекти ове методе.

ЦИКЛИЧНОСТ ГОДИШЊИХ И МАКСИМАЛНИХ ДНЕВНИХ ПАДАВИНА

Цикличност годишњих падавина. - Падавине су климатски елемент од којих протицај највише зависи. Зато би било од значаја да се утврди њихова промена у дужим временским интервалима и доведе у везу са цикличним променама отицања. Падавине и протицај упоређују се ако се оне осредње за цео слив помоћу неких од метода које се за то употребљавају (метод изохијета, полигона, аритметичке средине). За слив Дунава чије је пространство велико, са таквим подацима се није располагало, али смо се послужили са осматрањима метеоролошке опсерваторије у Београду, на којој се падавине мере од 1888. године [*РХМЗ, 1989*]. На сличан начин, као и код протицаја, цикличност падавина испитана је применом сумарних кривих модулних одступања од просечне вредности за период 1888-1987. За наведени период добијена су два циклуса са неједнаким временским трајањем, један за период 1888-1956 (n=69), и други 1956-1982. (n=26). Први циклус имао је најпре сушнији, а затим влажнији период, при чему је први сушнији трајао до 1936. године. У њему је забележено неколико краћих влажнијих микроциклуса, први од 1894-1987, други 1899-1901, трећи од 1911-1915. и четврти од 1923-1927. У влажнијем периоду, после 1936. није било изразитијих сушних микроциклуса. Други циклус падавина (1956-1982), као што је речено је кратког трајања и његов завршетак се поклапа са завршетком влажнијег периода IV хидролошког циклуса на Дунаву (1965-1982). После 1982. године и код падавина и код отицања настаје сушнији период који и даље траје. Међутим, на први поглед, примена методе сумарних кривих модулних одступања од просечне вредности за анализу цикличности падавина није исправан, јер се за тако дуги низ добијају само два циклуса, а у истом периоду за протицај се издвајају њих више, па би требало применити неку другу методу. Нпр. цикличност падавина је донекле проучена применом методе покретних средина [*Ракићевић Т. 1983*]. По истој методи, најмању просечну суму падавина имао је 30-годишњи период 1902-1931 (620,6 mm), затим долази до њиховог постепеног повећавања у периоду 1931-1960. са Ps= 701 mm, и у последњем 30-годишњем периоду (1951-1980) падавине су биле повећане, па се он узима као највлажнији (708 mm). Дакле, између овог начина рангирања периода по њиховој влажности и раније поменутог, постоји битна разлика, па још увек не постоје поуздане и проверене методе за анализу цикличности падавина. Међутим, у овом раду бавили смо се и другим анализама падавина, одступањем од просечне вредности, честином појављивања, учесталошћу максималних дневних падавина, рангирању година по водности према просечним вредностима падавина.

Кретање годишњих падавина у односу на вишегодишњи просек. - Просечне вишегодишње падавине за 100-годишњи период су 670 mm са коефицијентом варијације од 0,20. Најводнија година је 1937, када је у Београду пало 985 mm воденог талога, што је за 47% више од просека, а у осмотреном периоду забележено је још 4 године са количином већом од 900 mm. То су 1954. (926 mm), 1974. (910 mm), 1980. (908 mm) и 1919. (905 mm). Најсушнија је 1907. година са Ps= 323 mm, која је са 52% мањка падавина, и 1894. године са Ps=464 mm. Поређењем годишњих падавина са вишегодишњим просеком, највише средње влажних година је било у периоду 1888-1897. године чије су се вредности, осим веома сушне 1894, мало разликовале од просека. После две сушније године са мањком падавина и до 30% (1898, 1899) и веома влажне 1900, наступа један краћи период средње влажних година од 1901-1905, а од 1906-1909. је период опет сушних година и тако редом, године су се наизменично смењивале од сушних, средњих до влажних све до 80-их година овог века. Даље, статистика оваквих поређења показује да је у обрађиваном периоду било 38 сушних година, 33 средње влажне и 29 влажних. Поређењем распореда падавина у хладнијој и топлијој половини године уочене су неке реткости у томе. Познато је да је м. с. Београд у континенталном плувиоме-

триском режиму са највећим падавинама у летњој, а знатно умањеним у зимској половини године. Међутим, и ту има изузетака. У 11 година падавине су биле веће у хладнијој половини године (XI-IV). Последње такве године су 1981. и 1977. Иначе, летње падавине чине око 60%, а зимске 40% годишњих падавина. У карактеристичној 1962. години пало је у зимском делу године 76%, а у летњем само 24% годишњих падавина, што је ређи случај међу другим годинама проучаваног периода.

Честина појављивања годишњих падавина. - Ако све годишње падавине изразимо у класама од по 100 mm и њих међусобно упоредимо, резултати су показали да су најучесталије падавине од 600-700 mm, тј. оне вредности које су најприближније вишегодишњој вредности (таб. 16). Таквих је појава било 29, приближно једна трећина свих узорака, затим су по учесталости појава заступљене падавине у интервалу од 700-800 mm (26%) и од 500-600 mm (17%). У односу на средњу вредност, не постоји симетричност појава годишњих падавина, јер су оне чешће у вишој класи, нпр. од 900-1000 mm имамо 5, а од 300-400 mm само једну појаву. Ово може указати, да су се изузетно сушне године појавиле у Београду почетком овог века (1907, 1924, 1904), а изузетно влажне у последњих 30 година; у периоду 1954-1987. имамо 7 година са падавинама већим од 850 или 900 mm. Последње сушне године са падавинама мањим од 500 мм су биле 1961. (465 mm) и 1950. (492 mm). Пошто се и падавине понашају као цикличне појаве, прогнозира се да би у наредним годинама требало очекивати више сушних година са падавинама испод 500 mm.

Таб. 16. - *Честина појављивања годишњих падавина у Београду*

Tab. 16. - *Frequency of appearing of annualy precipitation in Belgrade*

Класа	Број	%
300-400	1	1
400-500	11	11
500-600	17	17
600-700	29	29
700-800	26	26
800-900	11	11
900-1000	5	5

Овај наступајући сушнији период поклапа се са сушним периодом на Дунаву који је почео после 1982. године. Последње влажније године су 1980. (908 mm), влажнија од просека за 36% и 1981. (851 mm) са вишком падавина од 27%. После њих су средње влажне 1982, 1984, 1985, 1986, док је само сушнија била 1983. са Ps=512 mm. Изразито сушне су биле 1992. и 1993. година.

Цикличност максималних дневних падавина

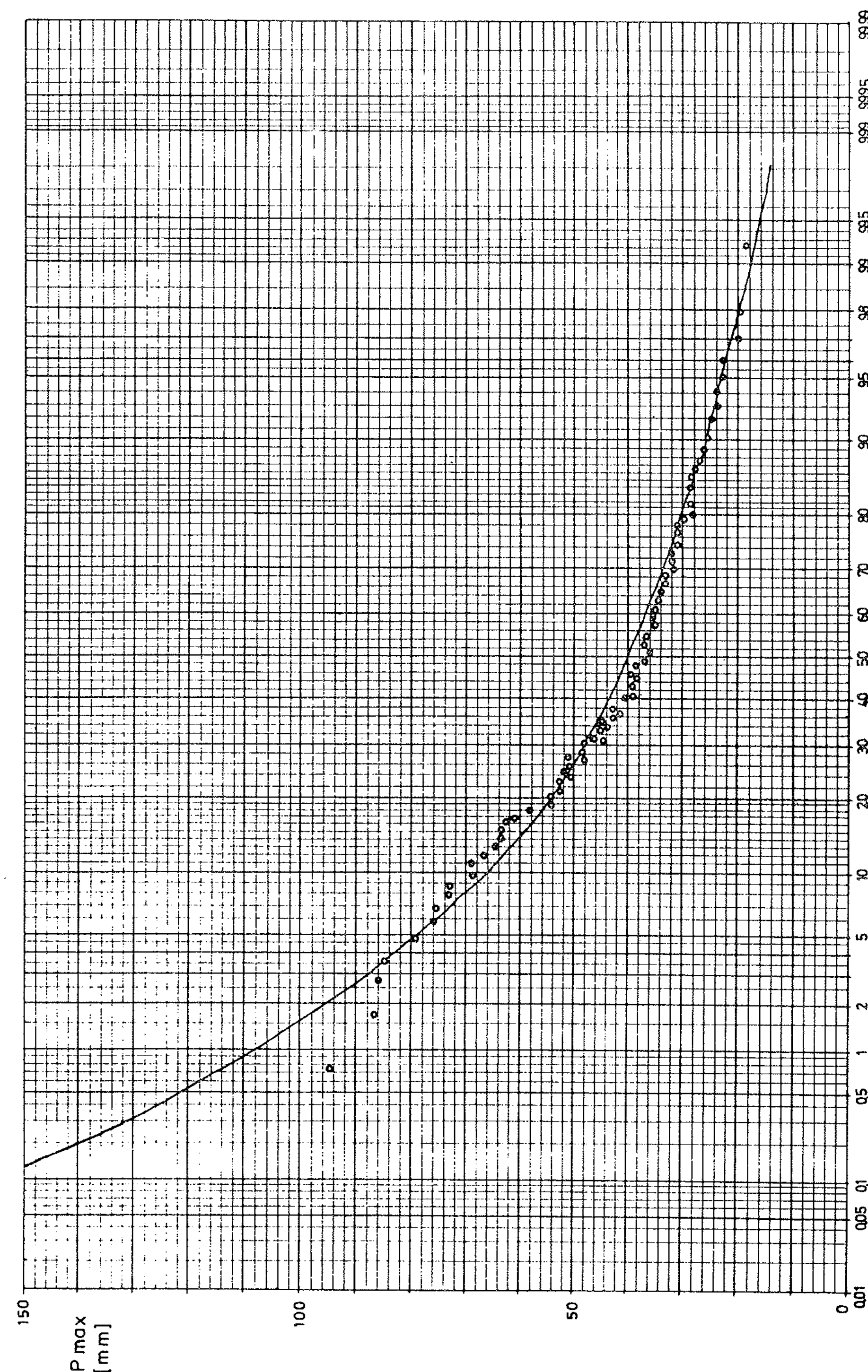
У изучавању плувиометриских режима, посебно место заузимају екстремне вредности, које се испољавају у виду јаких киша, чије су последице поплаве. По својој јачини и штетном деловању, јаки пљускови се убрајају у елементарне непогоде. Максималне падавине се најчешће везују за дан, сат или минут; међутим, изучавају се још дводневне, тродневне максималне падавине које узрокују поплаве ширих размера, а у оквиру тога изучавају се интензитети падавина, па се анализирају 5-минутне, 10-минутне, 20-минутне, 30-минутне пљусковите падавине. У нашем случају проучене су максималне дневне падавине које се у Београду мере од 1888. године. Највећа вредност од 92,4 mm осмотрена је 15. VII 1890. године. За њом дође 1951. са 88,4 mm и 1926. са 87,5 mm. У 10 година су забележене максималне падавине веће од 70,0 mm, а у преко 20 година те вредности су биле ниже од 30,0 mm. Изразито велике дневне падавине су биле у првој половини овог века, тј. до 1950. године. У периоду 1951-1987. само су три године биле са максималним падавинама већим од 70 mm; 1967 (84,8 mm), 1985. (75,6 mm), 1971. (72,6 mm). Како су у последње две до три деценије релативно највеће, односно то је највлажнији период, произилази да се јаки пљускови чешће јављају у сушнијим периодима (већа загревања), па имајући у виду то, у наступајућем сушнијем периоду, после 1982. године, могли бисмо да очекујемо већи број дана са максималним вредностима изнад 80 или чак 100 mm.

Вероватноћа максималних дневних падавина. - У решавању бројних водопривредних проблема, нпр. код пројектовања канализације, изградње насипа, одбране од поплава, увек се анализирају максималне падавине применом рачуна вероватноће. Ово се чини из разлога, што су осмотрени низови кратки, у њима се најчешће не налазе историске максималне падавине, или оне падавине које се ретко јављају, нпр. једном у 100 година. Коришћењем краћих низова и неке од метода статистичке расподеле, осмотрени подаци се

екстраполирају до највећих вредности, па се утврђују 50-годишње, 100-годишње или 150-годишње падавине. Ово правило важи и за станице које имају дуге низове осматрања уколико се и на њима нису појавиле историске вредности. За случај Београда, вероватноћа падавина је обрађивана углавном у послератном периоду *[Зеленхасић Е. Бугарновић Н. 1979]*, где су поред дневних обухваћене падавине за часове и минуте, обрадом интезитета, што се могло постићи захваљујући непрекидном регистровању падавина помоћу омбрографа после 1950. године. Коришћењем података о максималним дневним падавинама у 100-годишњем периоду *{РХМЗ,1989]*, урађена је вероватноћа дневних падавина применом Log-Pearson III расподеле, која је показала најбоље прилагођавање осмотреним подацима. Статистичким прорачунима, добијене су средње дневне максималне падавине у Београду од 42,7 mm, са природним вредностима коефицијента варијације од 0,40 и Cs=1,14.

Анализом вероватноће киша јаког интезитета (скица 9) добијене су вероватне максималне дневне падавине за 2, 10, 50, 100 и 500 година (таб. 17).

Резултати показују да је досадашња највећа дневна сума падавина од 92,4 mm приближно 50-годишња вредност (2%); међутим, 100-годишње и падавине ређе учесталости појава се још нису појавиле у Београду, иако је прошло 100 година непрекидних осматрања. Не само што се нису појавиле кише ређе учесталости појава, него се још нису појавиле ни историске максималне падавине, какав је случај са неким другим кишомерним станицама у Србији. Под појмом *"историске максималне падавине"* подразумевамо знатно већу вредност од досада појављених максималних падавина, обично је то 1,5 до 2,0 пута већа количина у односу на последњу максималну дневну количину падавина. Ако је то у Београду 92,4 mm, онда би историска вредност била негде између 140-180 mm. Када би се она уврстила у рачун вероватноће, вероватне максималне дневне падавине биле би веће него што су приказане у таб. 17. Произилази да вероватноће нису увек мерило стварних максималних падавина, већ само једна оријентација у заштити од штетног деловања атмосферских вода. Да је то тако, показују регионалне анализе осмотрених падавина у Србији. Када се упореде подаци м. с. Београд са другим падавинским станицама, резултати говоре да су максималне дневне падавине у Београду доста ниске. Нпр. максимална дневна количина је у Смедеревској Паланци 129,3 mm, Смедереву 110 mm, Младеновцу 116,5 mm, Сењском Руднику 147,1 mm, Гочу 141,0 mm, Азањи 130,5 mm, Великом Градишту 113 mm, Великој Крсни 136,5 mm, Грошници 136,8 km, Кривој



Ск. 9. – *Крива вероватноће максималних дневних падавина у Београду* (Log Pearson *расподела*)

Sk. 9. – *Curve of probability of maximal daily precipitation at Belgrade*

Феји 129,5 mm. Таору /доњем) 187,2 mm и Раковом Долу (слив Власине, када је 1988. године била катастрофална поплава Власотинца) чак 220 mm.

Таб. 17. - *Вероватноћа максималних дневних падавина у Београду.*

Tab. 17. - *Probability of maximal daily precipitation (mm) in Belgrade*

Вероватноћа	Године јављања	Падавине
0.5%	500	120
1%	100	107
2%	50	94
10%	10	65
50%	2	38

Имајући у виду, да је Република Србија једно хомогено географско подручје када су у питању појаве киша јаког интезитета проузрокованих од познатих облака кумулонимбуса, стационарног стања и великог вертикалног развоја, сигурно је да и у Београду треба очекивати јаке пљусковите кише, чија би вредност могла да буде далеко већа од оних које су добијене по рачуну вероватноће (таб. 17). Стогодишње падавине су 107 mm, а петстогодишње 120 мм. Према томе, *закључак* би могао да следи: историске максималне дневне падавине за последњих 100 година у Београду се нису појавиле; оне се могу очекивати у наредним периодима, а судећи по већ сада осмотреним вредностима, сигурно је да би та количина могла да достигне бројку од преко 150 или чак 200 mm. Ово се свакако односи на уже подручје града, где се налази м. с. Београд, у којем је хетерогена рељефна конфигурација са урбанизованом средином, којом су некада текли потоци и речице, па се рачуна да ће коефицијенат отицања у таквим срединама бити јединица. Садашња изграђена кишна канализација је недовољна да прими ни 10-годишње јаке кише (65 mm), па није тешко закључити какве би град све последице доживео са појавом не само кише од 120 mm, него и 150 mm. Ова се научна чињеница мора да има у виду приликом доношења будућих планова развоја Београда са новим пројектима евакуације сувишних атмосферских вода, нарочито у нижим деловима града, поред Саве и Дунава.

Најчешћи датуми појаве максималних падавина. - Осим проучавања режима падавина, пре свега њихове количине и распореда, у климатологији се проучавају и датуми појаве јаких киша. Познато је, да је њихово штетно деловање

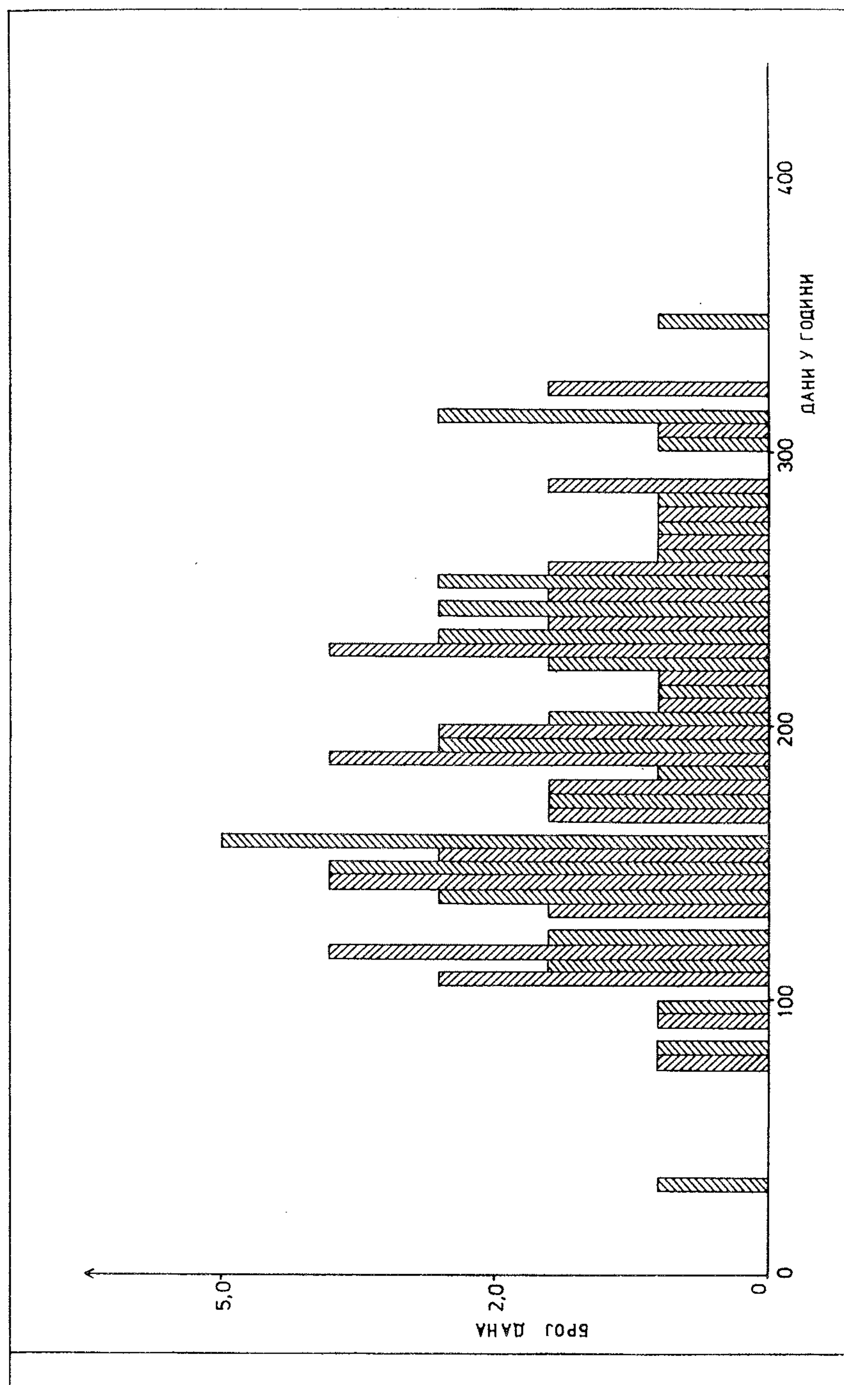
највеће у вегетационом периоду када се пољопривреди наносе највеће штете. Јаке кише могу да захвате један шири регион, па је осим просторног распореда, значајно проучити и у којем се делу године оне јављају. На овај начин се могу давати упозорења о појави поплава када треба спасавати људство и имовину. Кише јаког интезитета, осим за кумулонимбусе локалног развоја, могу да се појаве и уз фронталне кише, при чему неке путање циклона у томе имају посебан значај. Користећи датуме појаве максималних дневних падавина, урађена је статистика појављивања по месецима и пентадама за проучавани период, па се за београдско подручје може рећи, да се максималне дневне падавине најчешће јављају у пролеће и лето, из чега произилази да су пљусковитог карактера. (таб. 18). Ретко се појаве у зиму, свега два случаја, док је пролећни месец мај са највише појава (16), затим су то јуни и август са по 14 дана, септембар са 12, април са 11. Изузетно максималне падавине, њих преко 10 по величини (од 70-92 mm) осмотрене су: 15. VII, 22. IV, 5. VI, 10. VIII, 21. V, 30. IV, 4. IX, 12. IX, 3. VI, 31. VII.

Таб. 18. - *Најчешћи датуми појављивања максималних дневних падавина у Београду.*

Tab. 18. - *The most frequency dates of appearing maximal daily precipitation in Belgrade.*

Месец	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Дана	0	1	2	11	16	14	13	14	12	5	6	1

Осим за месеце, време појављивања екстремних падавина посматрана је и по пентадама, којих је било укупно 73 у години. Овим прилазом долазимо до прецизнијих показатеља о датумима појаве изузетно јаких падавина, што је са аспекта давања прогноза и упозорења веома битно. Према резултатима са скице 10, највећи број дана са максималним дневним падавинама је у 32 пентади године (156-160 дани), или од 5. VI - 9. VI: затим су то пентаде од 141-145 дана, 146-150, 186-190, 226-230 дана у години. Према подацима са исте скице, постоји одређено груписање тачака током године, најчешће између 120-160 дана у години, затим између 180-200 дана и од 220-250-ог дана. С друге стране, најмање појава је у зиму, али и у неким летњим месецима је забележен мали број појава, између 200-220 дана (19. VII - 23. VII), само по један случај, док је у јесен то период од 260-280-ог дана, такође са по једном појавом. Чешће максималне падавине се још јављају између 106-110 дана, 136-140, 151-155, 191-195-ог дана.



Сл. 10. - *Датуми појављивања максималних дневних падавина у Београду - Врачар за пентоде у периоду 1889-1986. год.*

Sk. 10. - *Dates appearing of the maximal daily precipitation at Belgrade for pentode of the 1889-1986. period*

У погледу изучавања интезитета киша за краће временске интервале, нпр. за часове, минуте, ту постоји више расправа које разматрају ову проблематику. Аутори *Зеленхасић Е.* и *Бугариновић Н.* су проучили вероватне максималне кише за Београд за период 1951-1977. Издвојене су падавине за временске интервале од 10-50 минута, 1, 2, 6 и 24 часа, као и дводневне и тродневне падавине (таб. 19).

Таб. 19. - *Висина падавина за изабрану вероватноћу и трајање у Београду (1951-1977).*

Tab. 19. - *Hights of the rain for adopted probbility and their duration in Belgrade (1951-1977).*

Година јављања	10 min	20 min	30 min	50 min	1 čas	2 čas.	6 čas.	12 čas.	24 čas	2 dana	3 dana
2	12	17	18	22	25	27	34	37	44	53	60
5	20	27	30	34	35	40	47	53	62	72	78
10	28	34	38	43	45	50	61	68	75	83	89
25	38	35	40	55	58	65	77	83	90	98	100
50	47	55	60	66	69	78	90	96	103	110	113
100	60	68	72	78	81	90	102	108	113	118	120

Када се 24-часовне падавине из предходне табеле упореде са раније одређеним истим вредностима, види се да постоји мала разлика; 100-годишње једнодневне падавине су у првом случају 107 mm, а према подацима из таб. 17, 113 mm. Међутим, и једни и други подаци и овом приликом показују да су падавине подцењене. Према подацима за м. с. Неготин, 100-годишње једнодневне падавине су 180 mm, а за Београд, као што је већ речено, само 113 mm. И овом приликом треба истаћи да су и Београд и Неготин у једном истом плувиометриском режиму, па се и овде потврђује правило да се историске максималне падавине у инструменталном периоду у Београду нису појавиле. Може се још истаћи да оне у Београду буду веће него у другим местима, јер је велико урбано подручје са јаким загревањем, па су услови веома повољни за развој облака великог вертикалног развоја.

СУШНИ И ВОДНИ ПЕРИОДИ НА ОСТАЛИМ РЕКАМА СРБИЈЕ

Осим Дунава као велике међународне реке, на којем су обрађене цикличне појаве у Бердапу, а делимично у његовом горњем току у нашој земљи (Бездан, Богојево), појаве сушних и водних периода проучени су и на другим рекама у Србији, на којима је било непрекидних осматрања у последњих 60 година. То су Тиса у профилу Сента, Сава у Сремској Митровици, Дрина у Бајиној Башти, Лим у Пријепољу, Велика Морава у Љубичевском Мосту, Западна Морава у Гугаљском Мосту, Ибар у Рашкој, Нишава у Белој Паланци и Црница у Параћину. На скоро свим станицама формирани су низови од 1926-1985. или 1931-1990. година.

Т и с а

Тиса је по површини слива (157.200 km^2) прва, а по количини воде (785 m^3/s) друга по величини притока Дунава. Извире у Карпатима на 1800 м.н.в. После тока од 966 km, улива се у Дунав код Сланкамена на 75 м.н.в. Највећим делом тече равницом, па је то равничарска река са малим падом и великим бројем меандера. Њена дужина у Југославији је 160 km [*Миловaнов Д.* 1987]. Просечна ширина Тисе у нашој земљи је 190-240 m, а дубина 4-8 m при средњим водостајима [*Дукић Д.* 1977]. За време ниских водостаја, на Тиси се појављују бројни плићаци, па се пловидба обуставља. У најсушнијој 1949. години, Тиса се на многим местима могла прегазити. Изградњом високе гравитационе бране код Бечеја, 63 km узводно од њеног ушћа, измењен је режим ниских водостаја до Сегедина у Мађарској, па се пловидба на том сектору обавља без тешкоћа. Иначе, Тиса је пловна до Чонграда у Мађарској, око 240 km, а мањи бродови могу да плове и до Токаја (532 km).

Слив Тисе је развијен у зони изразито континенталне климе, где је топљење снега знатно брже и где су испаравања лети јако увећана. Средње годишње падавине на извору реке су од 1000-1600 mm, а низводно опадају, тако да у Мађарској и Војвођанској равници опадну на 550-600 mm. Отицања у сливу реке су веома мала; просечни специфични отицај реке у Сенти је 5,53 $l/s/km^2$, мањи је него на Великој Морави, а знатно нижи од отицања Дунава и Саве.

Протицаји на Тиси су обрађивани углавном у овом веку, почев од 1920. или 1930. године. Међутим, забелешки о осматрањима водостаја било је и у прошлом веку.

Најдужа су у Сенти, где је формиран 60-годишњи низ периода 1931-1990. година (таб. 20). Највећа отицања на Тиси се појављују почетком пролећа и трају до маја, када се због велике евапотранспирације она нагло снизе, средње месечни мајски протицај од 1209 m^3/s падне у јуну на 918 m^3/s, да би те исте вредности у летњим и јесењим месецима биле преполовљене.

Таб. 20. - *Средње месечни и годишњи протицаји Тисе (Сента) у периоду 1931-1990.*

Tab. 20. - *Mean monthly and annual discharge of the Tisa river (Senta) in the period 1931-1990.*

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Qs	635	754	1170	1444	1209	918	730	494	416	416	565	659	785
Cv	0.66	0.54	0.42	0.46	0.57	0.65	0.63	0.54	0.73	0.63	0.73	0.61	0.35
σ	419	407	491	664	689	597	460	267	304	262	412	402	274

Велике воде на Тиси изазивају кише и топљење снега, а летње суше и велика испаравања условљавају минималне воде у лето и јесен. Тиса је позната река са великим колебањима протицаја. Коефицијенти варијације годишњих протицаја су скоро за 2 или 2,5 пута већи од истих коефицијената Дунава, Драве или Саве. Док постоји сагласност у режиму Дунава, Драве и Саве, дотле Тиса у томе потпуно одступа. На њој су колебања протицаја повећана током целе године; највећа су у септембру и новембру (Cv=0,73), а најмања у марту и априлу (Cv=0,42-0,46). По томе се Тиса приближава режиму Велике Мораве и других већих река у источном делу наше земље.

Променљивост протицаја изражена је и према односу годишњих вредности са просеком периода. Стандардна девијација која карактерише ову променљивост је у свим месецима повећана, у неким се приближава средње месечним протицајима, а у другим чини половину њихове вредности. Највећа је у време великих вода (пролеће), а најмања у лето и јесен и поклапа се са минималним водама реке Тисе. Међутим ако стандардну девијацију изразимо у процентима, онда она прати коефицијенте варијације, највећа је у време најмањих вода. У годишњој вредности σ=274 m^3/s, односно за ову вредност годишњи протицаји могу да одступају од вишегодишњег просека. То је неупоредиво више у односу на Дунав, Саву и Драву у којих је ова вредност око 20%.

Цикличност низа 1931-1990.година. - У последњих 60 година у сливу Тисе је забележено више сушних и влажних периода. Њихова дужина и распоред различито су се одразили на водност краћих периода унутар 60-годишњег. Нпр. пета деценија периода 1971-1980., имала је вишак отицања од 14% (108 m^3/s), што није забележено на другим рекама црноморског слива (Дунаву, Драви, Сави, Дрини). На ово су утицале водне године 1974, 1977, 1978, 1979, 1980. у којима су средње годишњи протицаји били већи од 1000 m^3/s. У свим осталим деценијама ова одступања су толерантна, па се њихови просеци узимају као меродавни за изучавање режима реке Тисе и њених притока. И 20-годишњи низови показују сличне резултате, пошто три изабрана таква периода имају одступања мања од 4,0%. Закључак је, да на станицама Тисе, меродавни низови могу да буду 20-годишњи периоди, али и 10-годишњи ако се они предходно тестирају са дужим низовима на станицама на истој реци или најближих на суседним рекама.

Да би тестирали просек 60-годишњег низа, упоредили смо податке Тисе са истим периодом на Дунаву у Оршави-Кладову, где је раније анализиран 150-годишњи низ. У оквиру њега, издвојен је период 1931-1990. и установљен протицај од 5531 m^3/s. Он се разликује од 150-годишњег за само 1,3%. Према томе, и период 1931-1990. на Тиси у Сенти узима се као репрезентативан. И према статистичким методама потврђена је цикличност истог низа. Тако је према раније датом обрасцу, средња квадратна грешка вишегодишњег отицања Qs= 4,5%, а коефицијента варијације Cv= 10%. И једна и друга вредност се налазе у границама дозвољених одступања, прва до 5,0%, а друга између 10-15%.

Класификација година по водности. - На сличан начин како је поступљено са подацима Дунава, све године обрађеног периода на Тиси су рангиране по водности и приказане у таб. 21. Веома сушне године су са протицајем од 350-450 m^3/s у које спадају 1943. и 1964, док су веома водне са годишњим протицајем од 1300-1700 m^3/s, то су 1941. и 1970.година. Сушне године су са отицањем од 450-550 m^3/s, где је забележено 11 таквих година, највише их је у веома сушном периоду 1946-1954. година.

Водне године су са протицајем од 950-1300 m^3/s. Ту је сврстано 12 година, приближно исто колико и сушних, док је година сдредње водности (550-950 m^3/s) 33. Оне се јављају просечно сваке друге године, слично као и на другим рекама у Србији. Честина појављивања сушних и водних

година је просечно сваке пете године. Катастрофално сушна (<350 m^3/s) и катастрофално водна година (>1700 m^3/s) се нису појавиле у инструменталном периоду.

Таб. 21. - *Класификација година по водности Тисе (Сента) у периоду 1931-1990.*

Tab. 21. - *Clasification years in their watery of the Tisa river (Senta) in the period 1931-1990.*

Водност године	Протицај	Г о д и н е	Број
Катастрофално сушне	<350		0
Веома сушне	351-450	1943, 1961.	2
Сушне године	451-550	1934, 1946, 1947, 1949, 1950, 1954, 1959, 1963, 1973, 1984, 1990.	11
Средње водне године	551-950	1931, 1932, 1933, 1935, 1936, 1937, 1938, 1939, 1944, 1945, 1948, 1951, 1952, 1953, 1956, 1957, 1958, 1960, 1962, 1964, 1967, 1968, 1969, 1971, 1972, 1975, 1976, 1982, 1983, 1985, 1986, 1987, 1988.	33
Водне године	951-1300	1940, 1942, 1955, 1965, 1966, 1974, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1989.	12
Веома водне	1301-1700	1941, 1970.	2
Катастрофално водне	>1700		0

Најводнија година по средње годишњем протицају је 1941. Тада је коритом Тисе протекло 1644 m^3/s, што је два пута више од просечне вредности. За њом следе 1970, као веома водна са Qs=1452 m^3/s, 1940. (1206 m^3/s), 1980. (1162 m^3/s). На Тиси је укупно 11 година са протицајем већим од 1000 m^3/s, и 8 година са Qs мањим од 500 m^3/s. Најнижи средње годишњи протицај и највиши се односе као 1 : 4,43, што је још једна потврда континенталности режима Тисе.

У погледу класификација година по водности постоје разлике ако се праве односи између водостаја и протицаја. Неке године су по водостају веома сушне, а по протицају сушне, или по протицају водне, а по водостају средње водне. На ово утиче човек, који ремети режим водостаја, изградњом насипа, пресецањем меандера и окука, регулацијом корита (издизање и спуштање речног дна), успоравањем вода Тисе од високих водостаја Дунава, или утицајем бране код Бечеја, која успорава ниске водостаје Тисе до Сегедина. Тако је нпр. по средње годишњем водостају 1947. изузетно сушна, а по протицају сушна година. И ако Тиса припада мешовитом режиму, слично као Дунав и Сава, ипак постоје одређене разлике у неким елементима режима, нпр. у временском појављивању година карактеристичне водности. Упоређена са Дунавом у Ђердапу и то у периоду после 1930. године, веома сушне на Дунаву су 1943. и 1949, а на Тиси 1943. и 1961, док су веома водне на Дунаву 1937, 1940, 1941, 1955, 1965. и 1970, а на Тиси само 1941. и 1970. година. Последње сушне године на Тиси су 1984. и 1990. година, а на Дунаву 1973. и 1983.година. Три последње водне године на Дунаву су 1979, 1980. и 1981, а на Тиси непрекидно за редом године од 1977-1989. У односу на Саву ова одступања су и већа. На Сави су веома сушне 1946. и 1949, а веома водне 1937, 1940, 1955. и 1970. У овом случају, постоји коинцинденција само са 1970. годином, јер се она као веома водна појављује и на Сави и на Тиси.

Што се тиче прогноза даљих промена карактеристика отицања на Тиси, судећи по аналогијама појављивања година у прошлости, у наредном периоду може се очекивати више година средње водности са Qs=550-950 m^3/s, јер је последња таква година била 1988., уз неку појаву сушне године, јер је у последњих 10 година знатно више водних година. Исто тако, до краја овог века, већа је вероватноћа да се појави веома сушна, него веома водна, јер је прва последња 1961, а друга 1970.

Честина појављивања протицаја и њихово трајање. - Цикличност отицања на Тиси у тесној је вези са честином и трајањем одређених протицаја. Ако све годишње вредности изразимо у класе од по 200 m^3/s, међусобним поређењем дошло се до показатеља да су најучесталији годишњи протицаји у класи од 700-900 m^3/s, укупно 20 година (33,3%), односно годишњи протицаји најчешће варирају око просечне вредности, затим су то протицаји од 500-700 m^3/s са 18 случајева (30%), а ова заступљеност опада идући ка вишим и нижим класама, нпр. од 300-500 m^3/s је 6 појава, од 900-1100, 9 појава, итд.

Таб. 22. - *Честина појављивања годишњих протицаја Тисе у Сенти у периоду 1931-1990.*

Tab. 22. - *Frequency of appearing annual discharge of the Tisa river in Senta in the period 1931-1990.*

Класа	300-500	500-700	700-900	900-1100	11-1300	13-1500	15-1700	Год.
Број	6	18	20	9	5	1	1	60
%	10.0	30.0	33.3	15.0	8.3	1.7	1.7	100.0

За Тису је значајно да се проуче трајања протицаја изнад одређеног прага, јер су она у тесној вези са пловидбом и одбраном од поплава, не само протицаја, него и водостаја, јер однос H/Q није увек једнозначан. Средње годишњи водостај на Тиси у Сенти је око 200 cm. Изнад ове висине, водостаји трају око 160 дана (43,8%), 400 cm 70 (19,2%) дана, а преко 600 cm 25 дана. На Тиси се појављују и негативни водостаји (и до - 200 cm), као последица дубљења корита. Ниски водостаји нормално најдуже трају, изнад - 100 cm 340 дана у години, а преко 0 cm 280 дана.

Честина и трајање средње дневних протицаја је у складу са режимом Тисе. Најучесталији средње дневни протицаји су у класи од 200-300 m^3/s, тј. протицаја који се најчешће појављују у вегетационом периоду, чије је средње вишегодишње Q=240 m^3/s. Они имају честину од 58 дана у години, а затим су то протицаји од 300-400 m^3/s (40 дана) и 400-500 m^3/s (41 дан). Изнад 100 m^3/s, протицаји на Тиси трају свих 365 дана, преко 200 m^3/s, 340, а изнад 500 m^3/s 201 дан. Максималне воде трају краће од 20 дана, изнад 2000 m^3/s 21 дан, а преко 2500 m^3/s три дана.

Велике воде. - Максимални протицаји на Тиси обрађени су од 1931. године, док су водостаји осматрани од 1892. [*СХМЗ*, 1972]. Апсолутно највећи протицај на Тиси је 3730 m^3/s, а потом 1970. (3613 m^3/s). У последњих 20 година, највећи протицај осмотрен је 27. 04. 1977. године (2880 m^3/s) и 1974. (2720 m^3/s). Најучесталије велике воде су у годинама од 1940-1942. са Qmax од 3200-3400 m^3/s, када су у Војводини забележене историске поплаве. Тада су спојени поплавни таласи Дунава, Тисе и Тамниша и нанете највеће штете привреди Војводине у историји. Средња велика вода Тисе у Сенти је 1707 m^3/s, са специфичним отицајем од 12,1 $l/s/km^2$.

Вероватне велике воде на Тиси су у домену 50-годишњих осмотрених вода, док су оне ређе учесталости (веће од 1%) нису појавиле у овом веку. Апсолутно максимална вода од 3730 m^3/s је вероватноће 2%, док би наредна 100-годишња могла да износи око 4000 m^3/s, а 500-годишња око 4300 m^3/s.

За Тису као равничарску реку са веома малим падом, неопходна је вероватноћа и максималних водостаја, јер се прогнозе и одбране од поплава ослањају на податке о водостају. На Тиси је било преко 7 година са максималним водостајем вишим од 800 cm. Највиши је био 1970. (907 cm), а потом су високи водостаји забележени 1895, 1919, 1924, 1932, 1940, 1941. Вероватноћа 20-годишњег Hmax је на коти 81,70 м, 50-годишњег на 82,30 m и 100-годишњег 82,70 m. При појави леда и загушења, ове висине бивају више, о чему се при одбрани од поплава мора водити рачуна.

Максималне воде на Тиси се најчешће јављају у пролеће (април, март), мада нису ретке ни у јуну, али им је честина повећана и у зиму. Најтеже последице остављају поплаве у априлу и мају, јер се тада плави већ набујала вегетација и засејане оранице са највећим штетама, пошто се изливна вода задржава дуже у полоју и споро враћа у речно корито.

Мале воде. - Честина појављивања малих вода је велика. У Сенти је у периоду 1892-1970· забележено 34 вредности водостаја нижих од -100 cm. На сличан начин се понашају и минимални протицаји, који су обрађени такође у периоду 1931-1990. Апсолутно минималне воде иду и до 80,0 m^3/s (1943,1962). У обрађиваном периоду је 23 године са минималним протицајем испод 150 m^3/s. Средња годишња мала вода је 171 m^3/s. И на Тиси је најдужи сушни период био од 1946-1954. године. У свим тим годинама, минимални протицаји су се кретали око 100 m^3/s. Маловодни периоди на Тиси могу да трају и месец дана.

Мале воде се јављају у јесењој и зимској сезони, у првом случају због ниске издани и малих падавина, а у другом због залеђивања површинског слоја земљишта и малог отицања од снежнице која се на планинама топи тек у пролеће. У 95-годишњем периоду, далеко највећи број минималних вода је у октобру (25), а потом у септембру (17), децембру (16) и новембру (14). Од IX-XII је укупно 76% ниских водостаја, што је ређи случај међу другим рекама у Србији. На Тиси нису забележене изузетно мале воде у марту, априлу и мају, јер се тада јављају велике воде.

Вероватноћа малих вода Тисе исказана је обрадом водостаја и протицаја. Стогодишњи ниски водостај је у Сенти на коти 71,20 m, 50-годишњи 71,30 m, 20-годишњи 71,50 и 10-годишњи 71,70 m. Трансформисано у нивое воде, то су водостаји од -209 cm, -199 cm, -179 cm, -159 cm.

Вероватно мали протицаји су такође јако ниски. До сада се појавио 50-годишњи минимални протицај од 80,0 m^3/s. Стогодишња мала вода је 70,0 m^3/s, а 10-годишња 100 m^3/s. За Тису као пловну реку су интересантни сушни периоди који могу да трају и преко 30 дана, са протицајем чија је најчешћа вредност око 125 m^3/s.

Сава

Сава је по протицају (1650 m^3/s) највећа притока Дунава. Дотиче из западног дела Балканског полуострва, где су падавине веће, рељеф израженији, а одводњавања динарски планински систем са доста појава краса. Сава је дуга 945 km, од чега је око 205 km у Републици Србији у којој прима њену највећу притоку Дрину и већи број мањих, које долазе с десне стране, међу којима је позната Колубара.

У профилу Сремска Митровица који је обрађен у овом раду, Сава има површину слива 87996 km^2, дужину тока 809 km, обим слива 2155 km, средњу надморску висину слива 539 m, закрашћеност слива 25%.

Хидролошка осматрања на Сави у Сремској Митровици врше се непрекидно од 1926. године, па је и на овој реци обрађен 60-годишњи низ периода 1926-1985. Просечни годишњи протицај реке је 1588 m^3/s са специфичном издашношћу од 18,0 $l/s/km^2$ и средњим падавинама у сливу од 1120 mm. Висина отицаја је 568 mm, испаравање 552 mm са коефицијентом отицања од 0,51. Најмањи протицаји Саве иду и до 200 m^3/s, а највећи преко 6000 m^3/s.

Средње месечни протицаји зависе од количине и распореда падавина, али и од утицаја других физичко-географских карактеристика слива. Највећи су у пролеће (III-V) са вредностима већим од 2000 m^3/s, а најмањи у лето и почетком јесени, испод 1000 m^3/s. Најмање средње месечно Q у августу од 683 m^3/s и највеће у априлу (2433 m^3/s) односе се као 1:3,56 (таб. 23). Колебања месечних и годишњих протицаја на Сави су мала и веома су слична промени протицаја Дунава. Она су условљена и околностима, што обе реке

припадају мешовитом (сложеном) режиму. У доњем току Саве од Сремске Митровице до Београда годишње Cv је око 0,20. Узводно је у мањем порасту, у Загребу 0,24, Радечу 0,24.

Таб. 23. - *Средње месечни и годишњи протицаји Саве код Сремске Митровице у периоду 1926-1985.*

Tab. 23. - *Mean monthly and annual discharges of the Sava river (Sremska Mitrovica) in the period 1926-1985.*

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Qs	1767	1854	2207	2433	2121	1493	1007	683	704	1080	1757	1944	1588
Cv	0.43	0.37	0.36	0.38	0.37	0.36	0.48	0.58	0.53	0.64	0.47	0.41	0.20
σ	760	686	794	924	785	537	483	396	373	691	826	797	318

Највећа колебања месечних протицаја има октобар у којем је Cv=0,64. Други месец по величини коефицијента варијације је август (0,58), а потом септембар (0,53). Уопште узев, Сава има највећа колебања протицаја у јесен и лето, а најмања у зиму и пролеће. И овде важи правило, да највећи коефицијенти варијације прате најмање вредности протицаја и обрнуто, најмањи коефицијенти варијације су уз највеће вредности протицаја. По променама протицаја, Сава има сличан режим Драви, док одступа у односу на Тису. Променљивост протицаја у односу на просечну вредност је у супротности са коефицијентима варијације. Бројне вредности средње квадратног одступања су највеће у пролећно-зимским месецима, када она чине скоро једну трећину месечног протицаја, а најмање у лето и јесен, приближно половина месечних вредности. Међутим, ако ове вредности изразимо у процентима, онда су и ове вредности највеће у време најмањих вода.

Цикличност периода 1926-1985. година. - Истраживање цикличности отицања на Сави започета су после 1975. [*Институт "Ј. Черни"*, 1975], када су формирани низови дуж ине од 50-60 година, а на узводним профилима (Славонски Брод) и преко 120 година. Како је режим Саве на већини њеног тока међусобно сагласан, у истом смислу постоји сагласност цикличних периода. Применом методе сумарних кривих модулних одступања на хидролошка осматрања у Славонском Броду од 1856. године, Сава је имала више циклуса са израженим сушним и водним периодима. Први циклус је трајао од 1856-1882. са сушнијим периодом од

1856-1867. и влажнијим од 1868-1882. године. Следећи циклус је 1883-1920. године, при чему је влажнији период код овог циклуса знатно дужег трајања (1890-1920). Трећи циклус је трајао од 1921-1953. године, четврти од 1954, који и даље траје.

И ако је Сава једна од већих река Балканског полуострва са елементима режима који су мање променљиви по времену, ипак се јављају разлике у отицању између појединих временских јединица. Тако су од укупно шест упоређених деценија, њих четири цикличне, а две имају значајнија одступања. Циклична су прва и последње три деценије са одступањем од вишегодишњег просека за 1-3%, док су међутим, код друге (1936-1945) и треће (1946-1955) те разлике знатно веће. Веома водне 1937, 1940, 1941. и 1944. повећале су отицање друге деценије за 12%, док су веома сушне 1946, 1947, 1949, и 1950. смањиле водност треће деценије за 10%. Међутим, 20-годишњи просеци прате вишегодишње. Сваки изабрани такав низ мало одступа (5,0%), па се они узимају као меродавни за изучавање режима реке Саве.

Цикиличност 60-годишњег периода на Сави у Сремској Митровици проверена је и по неким другим статистичким методама. Тако је средње квадратна грешка вишегодишњег отицања по раније датом обрасцу, једнака 2,6%, а грешка коефицијента варијације (Σ Cv) 9,31. И једна и друга вредност се налазе у потребним границама за оцену репрезентативности дугогодишњих хидролошких низова.

Класификација година по водности. - Примењујући исте критеријуме за оцену водности година на Дунаву, на сличан начин тестирана је водност година 60-годишњег периода на Сави (таб. 24). Користећи графикон расподеле годишњих протицаја у њиховом опадајућем низу, избором Pearson III расподеле, све године проучаваног низа су рангиране по њиховој водности, класификацијом по одређеним процентима јављања. Тако су на Сави катастрофално сушне године са годишњим протицајем мањим од 1000 m^3/s, а катастрофално водне са Q већим од 2700 m^3/s. Како се и једна и друга година на Сави нису појавиле у инструменталном периоду, вероватноће су појава дужим од 100 година, њихова појава би могла да уследи негде у првом кварталу 21 века. Међутим, судећи по 150-годишњим осматрањима на Дунаву и на Сави, која у суштини прати режим Дунава, ове две изузетно екстремне године су се вероватно појавиле у периоду пре 1926. године.

Таб. 24. - *Рангирање година по водности Саве код Сремске Митровице у периоду 1926-1985.*

Tab. 24. - *A ranking years of their watery of the Sava river (Sremska Mitrovica) in the period 1926-1985.*

Водност године	Протицај	Г о д и н е	Број година
Катастрофално сушне	<1000		0
Веома сушне	1000-1150	1946, 1949	2
Сушне године	1151-1400	1928, 1935, 1943, 1945, 1947, 1950, 1957, 1961, 19071, 1973, 1975, 1982, 1983, 1985.	14
Средње водне године	1401-1750	1927, 1929, 1930, 1931, 1932, 1933, 1934, 1938, 1939, 1942, 1948, 1951, 1952, 1953, 1954, 1956, 1958, 1959, 1963, 1964, 1966, 1967. 1968, 1969, 1972, 1974, 1976, 1977, 1978, 1979, 1981, 1984.	32
Водне године	1751-2150	1926, 1936, 1941, 1944, 1960, 1962, 1965, 1980.	8
Веома водне	2151-2700	1937, 1940, 1955, 1970.	4
Катастрофално водне	>2700		0

Нпр. на Дунаву је катастрофално водна била почетком овог века, а катастрофално сушна у прошлом веку. На Сави су веома сушне оне године чији је протицај од 1000-1150 m^3/s, а веома водне године са Q од 2150-2700 m^3/s. Веома сушних је само две (1946, 1949), а веома водних четири (1937, 1940, 1955 и 1970). Бројније од ових су сушне (14) и водне (8). Оне су са протицајем, прве од 1150-1400. а друге од 1750-2150 m^3/s. Нормално, као и код других река у Србији, најбројније су године средње водности (1400-1750 m^3/s), укупно 32. Оне се јављају приближно сваке друге године, сушне сваке 4-5 године, веома сушне сваке 30-те године. Водне се појаве сваке 7-8, а веома водне сваке 15-те године. Као што се види, на Сави не постоји синхронизованост у погледу појављивања година карактеристичне водности. Нпр, сушних је 14, а водних 8, веома сушних 2, а веома водних 4. Мањи број водних надокнађен је већим бројем веома водних година. Зато се у наредном периоду може очекивати на Сави појава већег броја водних и веома сушних година.

На Сави је у 60-годишњем периоду било 27 година са протицајем већим од просечне године, а 33 са мањим отицањем. Најводнија година по средње годишњем протицају је 1937. (Qs=2560 m^3/s), затим 1955. (2293 m^3/s), 1940 (2232 m^3/s) и 1970. (2189 m^3/s). Године са најмањим протицајем су 1949. (1022 m^3/s) и 1946. (1055 m^3/s). На Сави је укупно 10 година са протицајем мањим од 1300 m^3/s. Последње сушније године су 1982, 1983, 1985, 1987, 1988. и 1990. Мимо обрађеног периода, после 1985. године сушне су 1987. и 1988, а средње водне 1986. и 1989.

Честина појављивања годишњих протицаја. - За изучавање режима Саве, значајне су честине и трајање одређених протицаја. Према подацима из таб. 25, на Сави су најучесталији протицаји у класи од 1500-1750 m^3/s, укупно 24 појаве или 40% од броја осмотрених година. Затим следе протицаји у класи од 1250-1500 m^3/s са 26,7% појава и од 1000-1250 m^3/s (10%). На Сави су много чешћи нижи протицаји од просечног 1588 m^3/s него виши. Укупан број појава изнад 1750 m^3/s је 12 према 48 у нижим класама.

Таб. 25. - *Честина појављивања годишњих протицаја Саве (Сремска Митровица) у периоду 1926-1985.*

Tab. 25. - *Frequency of appearing of annual discharges of the Sava river (Sremska Mitrovica) in the period 1926-1985.*

Класа	1000-1250	1250-1500	1500-1750	1750-2000	2000-2250	2250-2500	2500-2750	Год.
Број	8	16	24	6	4	1	1	60
%	13.3	26.7	40.0	10.0	6.6	1.7	1.7	100.0

За Саву као велику и пловну реку је веома битно да се проуче трајања водостаја и протицаја. Са аспекта давања прогноза и упозорења о појави изузетно великих или малих вода, када су у питању нпр. коришћења њених вода или обављање пловидбе у оптималним условима, до највећег изражаја долазе подаци о трајањима протицаја или водостаја.

Најмањи осмотрени протицај (200 m^3/s) траје свих 365 дана, изнад 500 m^3/s, 318 дана, а преко 1000 m^3/s, просечно 237 дана у години.

Вероватноћа великих вода. - Сава је река која протиче равницом са малим падом, па су изливања вода из њеног корита честа. Уз то, Сава је до Сремске Митровице била успорена у природном режиму од високих водостаја Дунава, а тај успор је повећан утицајем ХЕ "Бердап", па се високи водостаји при истом протицају чешће јављају. Највећи протицај на Сави је 6638 m^3/s, осмотрен је октобра 1974. године. То је историска велика вода, јер далеко премашује предходно појављење максималне воде. По рачуну вероватноће, то је 100-годишња велика вода (таб. 26). За њом дође велика вода од 5703 m^3/s, која је забележена 1940. године, када су сличне велике воде биле на Дунаву и Тиси. Она је вероватноће 4%, или вода која се појави једном у 25 година. У проучаваном 1926-1985. периоду, Сава је имала 10 година са Qmax већим од 5000 m^3/s. То су осим поменутих 1974. и 1940, још 1932, 1944, 1952, 1953, 1962, 1965, 1970. и 1981. Велике воде овог ранга се јављају просечно сваке шесте године. Последња таква година је 1981. са Q max=5520 m^3/s.

Таб. 26. - *Вероватноћа максималних вода на Сави (Сремска Митровица)*

Tab. 26. - *Probability of the maximal water of the Sava river (Sremska Mitrovica)*

Вероватноћа	Година јављања	Qmax (m^3/s)	q max($l/s/km^2$)
0.1%	1000	8000	90.9
1.0%	100	6600	75
2.0%	50	6200	70.4
5.0%	20	5600	63.6
10.0%	10	5200	59.1

Временски распоред великих вода условљен је фронталним кишама и топљењем снега. Највећи број појава великих вода је у пролеће, у априлу и мају, укупно 21 случај, или једна трећина свих осмотрених појава. Затим су то јесењи и зимски месеци, новембар и децембар, укупно 19 појава, и јануар, фебруар и март, такође са 19 појава. Велике

воде се не јављају лети, па у месецима јуну, јулу, августу и септембру нису забележене изузетно високе воде. Осим максималних протицаја, на Сави су проучени и максимални водостаји, јер се због успора водостаји могу повишавати, без обзира да ли се повећава протицај. Према рачуну вероватноће водостаја [*Институт за водопривреду "J. Черни,1978]* максимално H које се појави једном у 100 година је на коти 81,00 m, 50-годишње на 80,70 m.

Вероватноћа малих вода. - Мале воде на Сави дуже трају од великих. Маловодни периоди могу да трају и до три месеца, када се обуставља пловидба, а ниво подземних вода у њеном приобаљу с киме су оне у хидрауличној вези знатно снизи. Апсолутно најмањи протицај на Сави је 200 m^3/s. Осмотрен је 5. 10. 1946. године. Њему је одговарао водостај од 0 cm. Изузетно мале воде на Сави су биле у периоду од 1943-1954, када је у свим тим годинама минимални протицај био између 200 и 300 m^3/s.

Мала вода од 200 m^3/s је вероватноће појава једном у 60 година. Протицај од 300 m^3/s је вероватноће једном у 20 година, 400 m^3/s (16 година), 500 m^3/s (5 година) итд. Минимални водостаји углавном прате минимлне протицаје, мада то увек тако не мора да буде. На ово утичу промене корита реке, успоравање малих вода, или њихово загушивање утицајем ледених брана. Стогодишњи ниски водостај је на коти 72,75 m, 50-годишњи је на коти 72,80 m. Осим малих вода везаних за дан у години, у водопривредној пракси се најчешће користе минималне воде трајања 30 дана, или минимални средње месечни протицаји. Њихова средња вредност за период је 520 m^3/s. Ако се и ове вредности изразе у виду вероватноће, онда је средње месечна минимална вода 95% обезбеђености око 250 m^3/s.

Мале воде на Сави се најчешће јављају у касно лето и почетком јесени. Далеко највећи број минималних вода је осмотрен у септембру (20) и октобру (17), укупно 61,6% свих узорака, затим је то месец август са 12 година малих вода, а онда јануар (5 појава).

Дрина

Дрина је највећа притока Саве (F=19570 km^2, Qs=395 m^3/s). Најдужа осматрања на Дрини су у Бајиној Башти (F=14797 km^2, Qs=354 m^3/s). Формиран је низ од 60 година непрекидних осматрања и мерења у периоду 1926-1985. година. Слив Дрине је најиздашнији међу другим већим

сливовима динарског планинског система који отичу ка Црном мору. Просечни специфични отицај реке је 24,0 l/s/km²; у најсушнијем месецу не пада испод 8,0 l/s/km², а у највлажнијем је већи од 40,0 l/s/km².

Средње месечни протицаји реке су увек већи од 120 m^3/s, а достижу вредност од преко 600 m^3/s (април). Повећана отицања су и другим пролетњим месецима (мај, март), или јесењим (новембар, децембар), таб. 27.

Таб. 27. - *Средњи месечни и годишњи протицаји Дрине (Бајина Башта) у периоду 1926-1985.*

Tab. 27. - *Mean monthly and annual discharge of the Drina river (Bajina Bašta) in the period 1926-1985.*

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Qs	350	358	461	602	594	345	193	120	130	239	414	435	354
Cv	0.53	0.52	0.38	0.30	0.33	0.29	0.41	0.42	0.57	0.77	0.53	0.49	0.20
σ	186	186	175	181	196	100	79.1	50.4	74.1	184	219	213	70.8

Дрина је река са веома малим колебањем протицаја. Обиље крашких појава, скоро једна трећина површине слива је под карстом, већа надморска висина слива, мало испаравање, повећане падавине, нарочито снежне, условљавају равномерно годишње отицање, скоро у целом њеном сливу. Стога је Дрина са малим коефицијентима варијације протицаја. У годишњој вредности Cv је 0,20, и то у свим профилима од њеног постанка у Шћепан Пољу до ушћа у Саву. У Зворнику је Cv=0,21, Бајиној Башти 0,20, Бастасима 0,20. За разлику од годишњих коефицијената варијације, месечни су нешто израженији и већи су од истих вредности на Сави или Дунаву. Октобарски коефицијенат варијације је 0.77, септембарски 0,57, фебруарски 0,52. Најмањи су у јуну, мају и априлу, и крећу се од 0,29-0,33. Повећани коефицијенти варијације су још у јесењо-зимским месецима. Иначе за Дрину не важи правило да највећи коефицијенти варијације прате најмање протицаје. Најмање средње месечно Q је у августу (120 m^3/s) sa Cv=0,42, док је минимални коефицијенат варијације у јуну (0,29), када је Qs=345 m^3/s. Према класификацији река по колебањима протицаја [*Оцокољић М.* 1991], Дрина је сврстана у реке са малим променама протицаја, Cv 0,25, то је I група поменуте класификације, у коју још долазе Дунав, Сава, Драва, Купа, Уна, Врбас, Босна, Пива, Тара, Лим, Морача.

Колебања протицаја Дрине могу да се изразе и помоћу стандардне девијације (σ), која је, према подацима из таб. 27, највећа у време највећих протицаја (пролеће), када чини око 30% месечних протицаја, док се тај проценат повећава у летњо-јесењим месецима и увек је већи од 50%. Према томе, најповољнији периоди за коришћење вода Дрине су у пролеће и зиму.

Цикличност отицања у периоду 1926-1985. година. - Ако се тестирају 10-годишњи низови периода 1926-1985. и утврде њихове међусобне разлике, резултати показују њихово незнатно одступање, како односом између деценија, тако и односом према вишегодишњој вредности. Само друга и трећа деценија имају нешто већа одступања од 5%, док остале имају отицање приближно вишегодишњем периоду. И ови резултати потврђују да велике ретензије воде у красу и снегу имају велику улогу у формирању веома повољног режима Дрине.

И 20-годишњи периоди отицања се мало разликују; бројне вредности су им веома блиске отицању периода 1926-1985. Истраживања цикличности отицања Дрине анализирана је и помоћу сумарне криве модулних одступања годишњих протицаја од просечне вредности и то у профилу Зворник. У обрађиваном периоду, издвојена су два циклуса, први од 1926-1960. и други 1960-1982. Влажнији период I циклуса је од 1926-1944. године, а сушнији од 1945-1960. године. Влажнији период II циклуса је од 1961-1982. године одакле даље настаје нешто сушнији период. Поређењем цикличности отицања Дрине са реком Савом, утврђена је идентична веза у погледу појављивања сушних и водних периода. Ако реконструишемо те периоде за Дрину уназад, нпр. до 1856. године од када постоје осматрања на Сави у Славонском Броду [*Институт за водопривреду "Ј. Черни"*, 1974], издвојена су још два циклуса, један од 1856-1882. и други од 1883-1925. Први је краћег трајања од другог, сушнији период првог циклуса је од 1856-1868. године, а влажнији од 1869 - 1882; код другог циклуса, сушнији период је знатно краћег трајања (1883-1893) од влажнијег (1894-1925).

Класификација година по водности. - У изучаваном периоду, на Дрини је било приближно исти број година чије је отицање мање или веће од отицања просечне године (33:27). Ако све године рангирамо по карактеристикама њихове водности, највише је средње водних година (32) са протицајем од 300-400 m^3/s, koje се јављају просечно сваке друге године. Затим следе сушне (13) и водне године (11). Сушне године су са протицајем од 250-300 m^3/s, а водне од 400-500 m^3/s.

Само је по две веома сушне (230-250 m^3/s) и веома водне (500-600 m^3/s). Веома сушне су 1982. и 1983. а веома водне 1937. и 1955. година. Сушне и водне године се јављају просечно сваке 5-6 године, а веома водне и веома сушне сваке 30-те године. Катастрофално сушна и катастрофално водна година на Дрини се још нису појавиле у осмотреном периоду. Протицај тих година је испод 230 m^3/s, односно изнад 600 m^3/s (таб. 28).

Таб. 28. - *Класификација година по водности на Дрини (Бајина Башта) у периоду 1926-1985.*

Tab. 28. - *Clasification of years in their watery of the Drina river (Bajina Bašta) in the period 1926-1985.*

Водност године	Протицај	Године	Број година
Катастрофално сушне	<230		0
Веома сушне	230-250	1982, 1983.	2
Сушне	250-300	1928, 1932, 1943, 1946, 1947, 1948, 1949, 1953, 1954, 1957, 1961, 1973, 1975.	13
Средње водне	300-400	1926, 1930, 1931, 1933, 1934, 1935, 1936, 1938, 1939, 1942, 1945, 1950, 1951, 1956, 1958, 1959, 1960, 1962, 1964, 1965, 1966, 1967, 1968, 1969, 1971, 1972, 1974, 1976, 1977, 1981, 1984, 1985.	32
Водне	400-500	1927, 1929, 1940, 1941, 1944, 1952, 1963, 1970, 1978, 1979, 1980.	11
Веома водне	500-600	1937, 1955.	2
Катастрофално водне	>600		0

Најводнија година на Дрини је 1937, чији је средње годишњи протицај 546 m^3/s. За њом дође 1955. са Qs=518 m^3/s и 1970. са Qs=496 m^3/s. На Дрини је укупно 13 година са протицајем већим од 400 m^3/s, а 16 година са Qs испод 300 m^3/s.

Најсушнија је 1983. са Qs=246 m^3/s и 1982. са Qs=247 m^3/s. Као што се види, сушне године на Дрини временски не прате исти распоред година на Лиму који је њена притока, или на Западној Морави и Ибру на којима су најсушније године у периоду 1943-1953. година. Видимо, да на режим Дрине више утичу Пива и Тара, него низводне притоке.

Честина и трајање годишњих протицаја. - Најучесталији средње годишњи протицаји су у класи од 275-300 m^3/s (10) и 375-400 m^3/s (10). Чести су протицаји и у класи од 325-350 m^3/s (9) и 300-325 m^3/s (7). Приближно половина појава је у класи од 275-400 m^3/s

Протицаји Дрине се мало мењу по времену. Да је то тако, показују трајања протицаја. Изнад 100 m^3/s, протицаји трају годишње просечно 340 дана; преко 200 m^3/s 260 дана, 300 m^3/s 190, 400 m^3/s 140 и изнад 500 m^3/s 100 дана.

Мале воде на Дрини имају релативно веће вредности него на другим рекама. Најмања вода је 18,0 m^3/s, забележена је 5. 07. 1970. године: затим 31,5 m^3/s (31. 07. 1979). Ово су редуковане мале воде, јер су под утицајем рада ХЕ "Бајина Башта", која је почела са радом после 1967. године. Иначе, у непоремећеном режиму, најмања вода на Дрини је 38,6 m^3/s (27. 01. 1954). Мале воде се најчешће јављају у касно лето или јесен, а ређе у осталим месецима године.

Вероватноћа великих вода. - Највећа вода на Дрини била је 20. XII. 1968, године, када је измерено 5340 m^3/s. Затим је то 1979. године када је 18. 11. протицало коритом реке 4300 m^3/s. Ово су максималне воде у инструменталном периоду. Међутим, према ранијим забелешкама [*Јевђевић В.* 1956], на Дрини су биле и веће воде. Тако је 1896. године на Дрини и њеним притокама била историска велика вода. Она је прелила познати камени мост у Вишеграду, који је стар око 500 година. Народна предања кажу да он није преливан пре 1896. године. Тада су у долини Дрине и Лима уништена многа насеља, нпр. Рудо, Љубовија. Моделским испитивањима, утврђено је, да је велика вода из новембра 1896. године величине око 10400 m^3/s. Ова вода проузрокована је стицајем више околности. Пре кише пао је велики снег. Изненадном појавом јужног ветра уз топле ваздушне масе са јаким кишама у целом сливу, условили су нагло топљење снега и комбиновану концентрацију великих вода у кориту Дрине и њеним притокама Пиви, Тари, Лиму, Ћехотини. Према рачуну вероватноће у периоду 1926-1985. (Pearson III raspodela), ова вода је појаве једном у 1000 година. Осмотрена највећа вода у

овом веку од 5340 m^3/s је учесталости појава једном у 100 година. Велика вода од 2500 m^3/s је честине појава једном у 8-10 година. Последња већа вода на Дрини била је 18. 11. 1979. године (4300 m^3/s). Она је учесталости појава једном у 40 година (2,5%). Најучесталије велике воде на Дрини су у пролеће и касну јесен. Април, мај, новембар и децембар су месеци са највећом честином великих вода, скоро 70% свих појављених случајева. Како су последње две велике воде биле у јесен, наредну би могли да очекујемо у пролеће. Такву последњу велику воду имали смо пре 20 година, 2390 m^3/s (10. 04. 1970). Међутим, на врхове поплавних таласа утичу и изграђене хидроцентрале на Дрини, Зворник, Бајина Башта и Вишеград, а делимично и хидроелектране у сливу Лима (Потпећ), Сјеница (Увац) и Мратиње (Пива).

Лим

Лим је транзитна река Србије. Извире у Албанији (Проклетије), тече кроз Црну Гору, мањим током кроз Србију и Босну. Улива се у Дрину код Рудог са површином слива од 5717 km^2 и дужином тока од 197 km. Просечан протицај реке је 108 m^3/s (ушће), у Прибоју је 90,0 m^3/s, у Пријепољу 81,1 m^3/s. После истека из Плавског језера, просечан протицај Лима је 21,3 m^3/s. Лим је са релативно дугим хидролошким осматрањима и мерењима. Најдужа су у Пријепољу, где је формиран 61-годишњи низ периода 1925-1985. година. Површина слива реке у профилу истоимене станице је 3160 km^2.

Лим је река са већим протицајем, јер чини 27,3% вода Дрине. Специфична издашност слива је 25,7 $l/s/km^2$, и по томе Лим предњачи у односу на друге реке Србије. Нпр. издашност река централне и јужне Србије је око 5,0 $l/s/km^2$. Распоред отицања у сливу условљен је распоредом падавина, које су највеће у зимској половини године (утицај медитеранског плувиометриског режима). Као резултат тога и месечни протицаји су највећи у хладнијој половини године. Мај, април и март су са највећим отицањем. Мај је са просечним протицајем од преко 150 m^3/s април 142 m^3/s и март 103 m^3/s. Идући ка лету ове вредности нагло опадају, па је август са најмањим протицајем, свега 24,8 m^3/s. После августа, мање протицаје имају септембар (28,4 m^3/s), јули (43,9 m^3/s и октобар (53,5 m^3/s), таб. 29.

Таб. 29. - *Средње месечни и годишњи протицаји Лима (Пријепоље) у периоду 1925-1985.*

Tab. 29. - *Mean monthly and annual discharge of the Lim river (Prijepolje) in the period 1925-1985.*

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Qs	74.7	81.4	103.0	142.0	151.0	86.1	43.9	24.8	28.4	53.5	89.1	95.6	81.1
Cv	0.59	0.61	0.40	0.30	0.33	0.49	0.42	0.40	0.62	0.89	0.64	0.56	0.23
σ	44.0	49.6	41.2	42.6	49.8	42.2	18.4	9.9	17.6	47.6	57.0	53.5	18.6

Лим као највећа притока Дрине има мала колебања протицаја, што је условљено висином слива (мања испаравања), већом залихом вода у снежном покривачу, који се постепено отапа на високим планинама до краја пролећа, и посебно утицајем краса, који је у сливу ове реке заступљен са 34%. Годишњи коефицијент варијације је 0,23, приближно исто као на Дунаву, и по томе се Лим сврстава у реке малог колебања протицаја. Највећа су у октобру, новембру и јануару, а најмања у пролеће. У односу на отицања, која су најмања у августу и септембру, максимално Cv је померено на октобар и новембар, када је коефицијент варијације 0,89 и 0,64. Најмање Cv је у априлу (0,30), мају (0,34) и марту (0,40). Колебања месечних и годишњих протицаја у односу на вишегодишњу вредност су према подацима стандардне девијације (таб. 29) највећа у време највећих вода; међутим, изражена у процентима, највећа су нормално за време најмањих вода. Средње месечни октобарски протицај приближан је стандардној девијацији, док у марту чини 40% месечног протицаја. У годишњој вредности σ=18,6 m^3/s, тј. за оволику вредност годишњи протицаји у низу од 61 године могу да варирају од просечне вишегодишње вредности.

Цикличност периода 1925-1985. година. - Аналогно предходним анализама, и на Лиму су сви десетогодишњи просеци тестирани поређењем са одговарајућом вишегодишњом вредношћу. Само су три деценије поменутог периода цикличне, прва, друга и пета, а у осталим постоје одступања која се крећу од 10-12%. Деценија 1945-1954. сушнија је за 10%, док је наредна 1955-1964. воднија за 12%. Шеста деценија воднија је за 10%. Упоређујући на исти начин 20-годишње периоде, уочено је да нема битних разлика између три таква периода, како између самих њих, тако и у односу на нормалну

вредност. Први период 1925-1944. има Qs=81,1 m^3/s, други (1945-1964), Qs=81,6 m^3/s и трећи (1965-1985), Qs=84,4 m^3/s. Према томе, за коришћење вода Лима, неопходне су хидролошке подлоге које укључују низове од најмање 20 година осматрања, јер три изабрана таква низа дају вредности које су најприближније нормалној вишегодишњој.

И неке друге статистичке анализе такође потврђују цикличност периода 1925-1985. година. Тако је средње квадратна грешка вишегодишњег отицања 3,0%, а грешка коефицијента варијације 9,3%. У погледу распореда отицања унутар 61-годишњег периода, постоје разлике између Лима, Западне Мораве, Ибра и неких других околних река. Краћи изабрани периоди се не понашају у истом односу; нпр, прва деценија на Лиму је циклична, док је на Западној Морави и Ибру значајно сушнија, што зависи од више фактора, највише од распореда и количине падавина, које се такође понашају по неким цикличним појавама, али и од врсте речног режима, Лим је са нивално-плувијалним, а Западна Морава и Ибар са плувијо-нивалним режимом.

Класификација хидролошких година. - И на Лиму постоји правилан распоред година по водности, јер је у посматраном периоду било 29 средње водних, 13 сушних, 14 водних, 2 веома сушне и 3 веома водне. Критеријум за овако дефинисање хидролошке године је следећа класификација:

катастрофално сушна	$Q < 42{,}5$ m^3/s
веома сушна	Q= 42,5-52,5 "
сушна	Q= 52,6-70,0 "
средње водна година	Q= 70,1-90,0 "
водна	Q= 90,1-120 "
веома водна	Q= 120-140 "
катастрофално водна	$Q > 140$ "

У веома сушне године спадају 1943. и 1983, а веома водне су 1939, 1955. и 1979. Највећи број година средње водности је правилно распоређен у низу 1925-1985, 15 година је у првој, а 14 у другој половини низа. Године средње водности се јављају просечно сваке друге године, док су веома сушне и веома водне ретке учесталости. Оне се просечно јављају сваке 20 или 30 године.

Узимајући у анализу средње годишње протицаје, најводнија година је 1955. (134 m^3/s), а за њом следе: 1929. (129 m^3/s) и 1979. (122 m^3/s). На Лиму је укупно 8 година са средње годишњим протицајем већим од 100 m^3/s, а 7 са

мањим од 60.0 m^3/s. И на Лиму је израженији сушни период био од 1945-1954, када су све године имале отицање знатно мање од стандардне вредности. Средње годишњи протицај тог сушног 10-годишњег периода је 72,7 m^3/s, који је маловоднији за 10%. Најсушнија година периода је 1943, у којој је средње годишњи протицај далеко нижи од осталих година. Тада је Лимом у Пријепољу протекло само 43,6 m^3/s, мање za 44%. После ње је 1983. година са протицајем од 51,4 m^3/s, и 1982. са 52,9 m^3/s. Сушна је и 1949. са Qs=57,2 m^3/s. и 1975. са Qs=58,7 m^3/s. Влажнији период на Лиму је био у четвртој деценији, или тачније од 1955-1966, када су скоро све године тог 12-годишњег периода имале отицање веће од стандардне вишегодишње вредности. Просек тог периода је Qs=90,3 m^3/s. Године после 1985. су чешће сушне него водне; 1986. је воднија за 6,6%, а 1987. и 1988. су сушније за 17% и 19%.

Учесталост годишњих протицаја и њихово трајање. - Годишњи протицаји на Лиму чешће се јављају у вишим него нижим класама. Испод просечног протицаја (81,1 m^3/s), у Пријепољу је 16 година, а изнад 46 година. Најчешћи годишњи протицаји су у класи од 70-80 m^3/s, укупно 20 (33%) година, а потом од 60-70 m^3/s (11) и 90-100 m^3/s (10). Само је по једна година у највишој класи (130-140 m^3/s) и најнижој (40-50 m^3/s), (таб. 30).

Таб. 30. - *Број година за одређене класе протицаја Лима у Пријепољу (1925-1985).*

Tab. 30. - *Number of years for definited class of discharge of the Lim river (Prijepolje) in the period 1925-1985.*

Класа	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-110	110-120	120-130	130-140
Број	1	4	11	20	7	10	3	2	2	1
%	1.6	6.6	18.0	32.8	11.4	16.4	5.0	3.3	3.3	1.6

За режим Лима значајно је и то што одређени протицаји трају временски дуже него код других река. То омогућавају снежне падавине, богата издан (крас) и мало испаравање. Дневни протицаји изнад вишегодишњег трају у години 160 (43,8%) дана, а испод 15,0 m^3/s (средње годишња мала вода) 360 дана. Протицаји изнад 100 m^3/s трају око 110 дана, а изнад 50,0 m^3/s 240 дана. Вода трајања три месеца је 113 m^3/s, шест месеци 68,0 m^3/s и девет месеци 39,0 m^3/s.

Најмања вода на Лиму је 7,40 m^3/s; осмотрена је 1978. године. По честини јављања је изузетно мала вода, јер су све друге мале воде знатно веће од ње. Следећа година по величини минималног протицаја је 1985. (10,2 m^3/s) и 1946. (10,8 m^3/s). Вероватноћа протицаја од 7,40 m^3/s је 99,8%, из чега произилази да је то историски мала вода, и ако се, како смо раније видели, историска средње годишња вода на Лиму ($Q<42,5$ m^3/s) није појавила у проучаваном периоду. Најучесталије мале воде су у класи од 12,5-15,0 m^3/s, у којој је 25 година, а затим од 15-17,5 m^3/s са 14 година. Занимљиво је, да је у највлажнијој 1955. години, минимални годишњи протицај био 42,9 m^3/s, приближно колико је био средње годишњи протицај најсушније 1943. (43,6 m^3/s). Мале воде се ретко јављају у зиму и пролеће, а веома често крајем лета и у јесен. Септембар је са 19 година појава изузетно малих вода, а потом август и октобар са по 15 појава. У 61-годишњем периоду, мале воде нису забележене од марта до јуна, а у децембру, јануару и фебруару је 2-3 такве појаве.

Максималне воде на Лиму изазивају честе поводње и последица су јаких фронталних киша комбинованих са топљењем снега у пролеће. Највећа вода на Лиму је била 1979. године, када је у Пријепољу измерено 1236 m^3/s. И ова вода се убраја у историске максималне воде, јер је далеко већа од раније појављених у оквиру 61-годишњег осмотреног периода. Врло велика вода је била 1927. Тада је коритом Лима текло 1080 m^3/s, а забележено је укупно 14 година са Q_{max} већим од 500 m^3/s.

Велике воде на Лиму се најчешће јављају у децембру, априлу, марту и новембру. Скоро једна трећина појава великих вода је у пролеће. Средња велика вода на Лиму је 464 m^3/s са коефицијентом варијације од 0,42, који је скоро два пута већи од коефицијента варијације средње годишњих вода.

Велика Морава

Велика Морава је највећа домаћа река Републике Србије. Њен пространи слив у целини узев, простире се од најисточнијих, најјужнијих и најзападнијих граница Републике. Заузима 43% површине њене територије. Површина слива Велике Мораве је 37444 km^2 са средње надморском висином слива од 622 m. Међутим, после превођења Језаве, површина слива повећана је на око 38000 km^2. Велика Морава је средње издашна река наше земље. Водопривредни проблеми у њеном

сливу су бројни и разноврсни. На њеној територији живело је око 3,5 милиона становника (после пописа из 1981) са густином насељености већом од просека за земљу (87 становника/km^2).

У профилу Љубичевски Мост који је обрађен у овом раду, површина слива Велике Мораве је 37320 km^2, дужина тока 180 km, средња надморска висина слива 622 m. Хидролошки низови на Великој Морави формирани су од 1931. до закључно са 1990. годином. Просечан протицај тог периода је 238 m^3/s, са специфичним отицајем од 6,38 $l/s/km^2$. Ова количина била би довољна да задовољи најосновније потребе становништва у води. Међутим, њихов распоред у току године је веома неповољан (таб. 31). Највећи део те воде, око 80%, протекне Моравом у виду поплавних таласа, најчешће у периоду март-мај. Максимални протицаји су достигли вредност од преко 2300 m^3/s. Један од најтежих проблема у сливу је појава поплава. Од свих елементарних непогода последњих година, поплаве су остављале најтеже последице.

Таб. 31. - *Средње месечни и годишњи протицаји Велике Мораве (Љубичевски Мост) у периоду 1931-1990.*

Tab. 31. - *Mean monthly and annual discharge of the Velika Morava river (Ljubičevski Most) in the period 1931-1990.*

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Qs	241	359	446	426	347	247	153	94	88.7	104	150	202	238
Cv	0.60	0.60	0.48	0.53	0.55	0.55	0.61	0.77	0.68	0.90	0.81	0.79	0.30
σ	145.0	215.0	214.0	226.0	191.0	135.0	93.3	72.4	60.3	93.6	121.0	160.0	71.4

Уз неповољан временски распоред вода, надовезује се и неједнак просторни и висински. Познате хидролошки аридне области су у Шумадији, јужној Србији, Косову, где је специфични отицај по правилу око 5,0 $l/s/km^2$, док су нешто повећана отицања у Понишављу, источној Србији и деловима југозападне Србије који припадају сливу Велике Мораве. Ту је специфични отицај око 10 $l/s/km^2$. О висинском распореду вода може се исто тако рећи да је неповољан, и да је у суштини асиметричан. Изнад средње надморске висине слива (622 m), образује се око 170 m^3/s (71%) вода, испод Hsr, $Q_i=69$ m^3/s (29%). Висински коефицијент асиметрије протицаја је Ka=2,44 [*Оцокољић М. 1987*].

Велика Морава је река са највећим колебањима протицаја. Годишњи коефицијент варијације предњачи у односу на друге веће реке Србије. Сава У Сремској Митровици има Cv=0,20, Дрина 0,20, Лим 0,23, а Велика Морава 0.30. То условљава континентални режим падавина, велико испаравање и плувио-нивални режим Велике Мораве, али и већина њених притока које су са високим вредностима коефицијената варијације, нпр. Лепеница има Cv=0,58. Месечни коефицијенти варијације протицаја су највећи у октобру (0,90), а најмањи у марту (0,48). Они су у супротности са највећим и најмањим протицајем, који су у пролеће (март, април) и лето (август, септембар).

И променљивост протицаја према просечној вредности је велика. Стандардна девијација се у појединим деловима године приближава месечним вредностима протицаја, нпр. у октобру, новембру и децембру. И ако је највећа у пролећним месецима, ипак је она ту процентуално мања у односу на летњо-јесење месеце. У годишњој вредности, стандардна девијација је 71,4 m^3/s. Овај се податак мора имати у виду ако се воде Велике Мораве користе за водоснабдевање и хидроенергетско искоришћавање, јер стандардна девијација чини 30% просечне годишње вредности.

Цикличност отицања периода 1931-1990. година. - Због честих и наглих промена протицја, постоје битније разлике између појединих периода унутар вишегодишњег. Просечан протицај обрађеног периода је 238 m^3/s, периода 1951-1980. године 257 m^3/s, и 1951-1990. године 247 m^3/s. Осим утицаја распореда падавина и других физичко-географских фактора слива, на ове разлике утичу и промене климатских карактеристика, нпр. у последњих 20-25 година падавине су наглашене на летњу половину године, када је испаравање велико, а умањено отицање у зимској половини године, када је оно највеће.

Десетогодишњи периоди Велике Мораве знатно одступају, како односом између њих самих, тако и према стандардној вредности. У већини деценија, отицања су значајно већа или мања од просека (таб.32). Прва и друга деценија имају приближно исто отицање, које се од просека разликује за око -4,0%, док је, међутим, трећа деценија знатно воднија, приближно 15%, као и шеста (1981-1990) са одступањем од -8,4%. И 20-годишњи периоди на Великој Морави не морају увек да буду мерило оцене режима реке, јер се и ту јављају веће разлике. Нпр. период 1951-1970. је знатно воднији, док су друга два периода са мањим одступањима.

Таб. 32. - *Одступања 10-годишњих и 20-годишњих низова од вишегодишњег просека.*

Tab. 32. - *Deviation 10 and 20-yearly series of many yearly averages.*

Деценија	Qs	DQ(%)	Деценија	Qs	DQ (%)	20 година	Qs	DQ (%)
1931-1940	229	-3.8	1961-1970	244	2.5	1931-1950	229	-4.0
1941-1950	228	-4.2	1971-1980	253	6.3	1951-1970	259	8.6
1951-1960	273	14.7	1981-1990	218	-8.4	1971-1990	236	-1.0

Као закључак могао би да следи да све низове на станицама Велике Мораве и њеним притокама треба тестирати и утврдити њихову меродавност, како би се донела оцена, да ли они могу да буду употребљени за проучавање режима реке, или коришћење таквих података у решавању бројних водопривредних проблема у сливу Велике Мораве и њеним притокама.

Ако оценимо укупну репрезентативност низа 1931-1990. година применом ранијих датих метода, нпр. помоћу средње квадратне грешке вишегодишњег отицања која износи 3,8% и грешке коефицијента варијације чија је вредност 9,5%, онда можемо да закључимо да обе вредности леже у границама дозвољених одступања.

Класификација година по водности. - Као и за предходне реке, и за Велику Мораву су све године периода 1931-1990. тестиране и утврђена њихова водност, примењујући исти поступак као за Дунав и друге реке. Према тој анализи, на Великој Морави је највећи број година средње водности (31), чији су се протицаји кретали у границама од 176-275 m^3/s (таб. 33). Свака друга година је у просеку средње водна, што се поклапа са распоредом отицања на већим рекама у Србији (Сава, Дрина, Лим). После година средње водности, најбројније су водне године са протицајем од 276-375 m^3/s, укупно 16, према 8 сушних (136-175 m^3/s). Веома водне (376-525 m^3/s) и веома сушне (1126-135 m^3/s) су у приближно истом односу (3:2). Катастрофално сушна са Q $<$ 125 m^3/s и катастрофално водна ($>$ 525 m^3/s) се нису појавиле у инструменталном периоду, мада је 1955. са Qs=515 m^3/s на граници између веома водне и катастрофално водне године. С обзиром на већу заступљеност водних у односу на сушне године, чији је распоред сконцентрисан на период 1940-1984.

године у наредним годинама могли би да очекујемо даљу појаву сушних година, које је потврђено са већим бројем маловоднијих година од 1985-1990. године.

Таб. 33. - *Рангирање година по водности Велике Мораве (Љубичевски Мост) у периоду 1931-1990.*

Tab. 33. - *A ranking of the years in their watery of the Velika Morava river (Ljubičevski most) in the period 1931-1990.*

Водност године	Протицај	Г о д и н е	Број година
Катастрофално сушне	<125		0
Веома сушне	126-135	1933, 1943.	2
Сушне	136-175	19234, 1939, 1945, 1949, 1950, 1951, 1968, 1983.	8
Средње Водне године	176-275	1932, 1935, 1936, 1938, 1946, 1947, 1952, 1953, 1957, 1959, 1960, 1961, 1964, 1965, 1966, 1967, 1969, 1971, 1972, 1973, 1974, 1977, 1978, 1979, 1982, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990.	31
Водне године	276-375	1940, 1941, 1942, 1944, 1948, 1954, 1956, 1958, 1962, 1963, 1970, 1975, 1976, 1980, 1981, 1984.	16
Веома водне	376-525	1937, 1955, 1956.	3
Катастрофално водне	>525		0

По средње годишњем протицају најводнија година је, као што је наведено 1955. (Qs=515 m^3/s), а за њом следе 1937. (427 m^3/s), 1956. (371 m^3/s), 1944. (356 m^3/s), 1970. (347 m^3/s). После 1980. године на Великој Морави нису забележене године са протицајем већим од 300 m^3/s, мада је у 60-

годишњем периоду било 12 таквих година. Оне су углавном биле распоређене на период пре 1964. Година са најмањим протицајем је 1943. (131 m^3/s), затим 1933. (135 m^3/s) и 1950. (136 m^3/s). На Великој Морави је било укупно 20 година са протицајем мањим од 200 m^3/s. Поређењем распореда отицања Велике Мораве са другим рекама у Србији, постоје разлике у томе. На Сави су веома сушне 1946. и 1949, на Дрини 1982, 1983, а на Великој Морави 1933, 1943. Веома водне на Морави су 1931, 1937, 1955, на Сави 1937, 1940, 1955, 1970, а на Дрини 1937, 1955. Дакле, само су у коинциденцији 1937. и 1955, као две карактеристичне године, које се као веома водне појављују на већини река црноморског слива.

Честина јављања годишњих и дневних протицаја. - Поделом годишњих протицаја на класе од по 25 m^3/s, најчешћи протицаји су од 150-200 m^3/s и 200-250 m^3/s. У оба ова случаја, укупно је 30 година (50%), а за њима следи класа од 250-300 m^3/s (13). Испод 250 m^3/s, у 60-годишњем периоду је 47 година, а само 13 изнад 250 m^3/s. И ова анализа показује да су сушни периоди дужег трајања, али су насупрот томе, поплавни таласи чешћи и краћег трајања.

Учесталост и трајање средње дневних протицаја је нешто другчије у односу на средње годишње. Најучесталији дневни протицаји су у класи до 100 m^3/s, 128, а затим та заступљеност опада, па од 100-200 m^3/s имамо 94 дана, од 200-300 m^3/s, 56 дана и од 300-400 m^3/s 28 дана. Протицаји од 1300-1400 m^3/s се појаве просечно једном у години, док се већи протицаји такође појаве једном, али су краћег трајања од 24 часа [*Дунайская комиссия,* 1965]. Најмањи протицај на Великој Морави од 25,0 m^3/s траје свих 365 дана, а трајност већих протицаја се смањује, нпр. дневни протицаји изнад 100 m^3/s трају 237 дана, преко 200 m^3/s 56 дана, 300 m^3/s 28 дана, итд.

За режим велике Мораве веома је битно да се проуче водостаји. Због великих промена корита, нивои воде се могу спустати или издизати, без обзира на промену количине воде у реци. Осцилације речног дна у односу на једну сталну тачку могу да износе и преко 1,5 m. Може се рећи да су промене водостаја више везане за промену речног корита, него за промену влажности године. Крива трајања водостаја показује да водостаји изнад 100 cm трају практично током целе године, изнад 200 cm 230 дана, 300 cm 100 дана.

Вероватноћа великих вода. - Велика Морава је река са највећом честином поплава у нашој земљи. У периоду до 1967, изливања вода из речног корита су се догађала у просеку

сваке друге године. Највећа вода у периоду 1931-1990. године од 2355 m^3/s осмотрена је 1963. године. Издвојене су још три године са Qmax већим од 2000 m^3/s. То су 1955, 1958. и 1965. година. Укупно је 13 година са великом водом већом од 1500 m^3/s. Најучесталије велике воде су биле у периоду 1954-1965. У свакој од тих година било је више поплавних таласа са разорним дејством, када су привреди у Поморављу нанете највеће штете у послератном периоду. Велике воде и поплаве у долини Велике Мораве се јављају најчешће у пролеће и крајем зиме, укупно је забележено 30 таквих година, док су у јулу, августу и септембру оне веома ретке.

Историске максималне воде на Великој Морави се нису појавиле у осмотреном периоду. До сада највећа вода од 2355 m^3/s је вероватноће 2% (50 године). И друге вероватне велике воде имају велике вредности; 100-годишња велика вода је 2520 m^3/s, 500-годишња 2800 m^3/s, а 1000-годишња око 3200 m^3/s [*Институт за водопривреду "J. Черни"*, 1978]. Појава ових вода могла би да се очекује у наредним годинама, негде у првој деценији 21 века. Осим протицаја, на Морави је значајно проучити вероватноћу водостаја, јер се прогноза и упозорења везују за податке о водостајима. У време редовне одбране од поплава, организује се служба која на њеним главним пунктовима осматра и контролише кретање водостаја, који се исказује у cm, али и у апсолутним котама. Тако је у периоду без појаве леда, максимални 100-годишњи водостај на коти 81,35 m, 50-годишњи на 81,10 m, 20-годишњи на 80,80 m. За време загушења од леда, ови нивои могу бити и виши, па се код давања упозорења о томе мора водити рачуна. Такође, Велика Морава у Љубичеву је под успором Дунава, што се нарочито одражава на максималне водостаје и то после изградње акумулације ХЕ "Ђердап" .

Мале воде. - Најмањи осмотрени протицај на Морави је 25,0 m^3/s. Те количине нису ни приближно довољне да задовоље све потребе за водом у време када се јављају и када их човек највише користи. Средња годишња мала вода је 52 m^3/s. Минимални протицаји на Морави се јављају у лето или јесен, а маловодни периоди у максимуму могу да трају и до три месеца. Таквих случајева је највише било у послератном периоду, нпр. од 1949. до 1960. године. Историске мале воде на Морави се нису појавиле у обрађиваном периоду. Педесетогодишњи ниски водостај је на коти 74,35 m, а 100-годишњи на 74,25 m, што је далеко ниже од просечног

малог водостаја, који је на коти 75,40 m. Ниски водостај који се појави просечно једном у 20 година је 74,80 m апсолутне висине, а 10-годишњи 75,00 m (101 cm).

Минимални годишњи протицаји на Морави јако варирају, што је једним делом последица утицаја човекове делатности. Коефицијенат варијације малих вода је 0,40, а у месечним вредностима они су већи од 0,70. Мала вода трајања 30 дана је 63,0 m^3/s.

Вероватне мале годишње воде имају такође јако ниске вредности; 100-годишњи минимални протицај нижи је од апсолутно осмотреног (25,0 m^3/s). Минимални протицај који се појави једном у 10 година је 40,0 m^3/s, 20 година 35,0 m^3/s и 50 година 30,0 m^3/s.

Када се говори о режиму малих вода, мора се увек имати у виду њихова висинска осцилација у речном кориту под утицајем засипања и продубљивања ерозивним материјалом, што је важно са аспекта ако се воде користе за наводњавање, или утичу на промену нивоа подземних вода с којима су оне најчешће и хидрауличној вези. Према истраживањима у периоду 1954-1982. [*Оцокољић М.* 1987], површина протицајног профила за водостај од 100 cm је 70 m^2 у 1954. години 128 m^2 у 1972. а 180 m^2 у 1982. години. Дакле, за исти водфостај, површина протицајног профила малих вода у Љубичевском Мосту повећана је за непуних 20 година за скоро три пута, из чега произилази да се корито Мораве чисти од сувишних наноса. На ово утиче и човек коришћењем песка и шљунка у грађевинске сврхе.

Западна Морава

Западна Морава је већи водоток Србије који дотиче из њеног западног и југозападног дела. Уноси у Велику Мораву 124 m^3/s вода, па је она по томе трећа по величини река централне Србије (после Дрине и Велике Мораве). Хидролошки подаци на реци се осматрају и мере на неколико профила правилно распоређених од њеног почетка у Пожешкој котлини до састава са Јужном Моравом код Сталаћа, где је површина њеног слива 15850 km^2. Најдужа осматрања су у Гугаљском Мосту, који се налази на источном ободу поменуте котлине, односно приближно на месту где река улази у Овчарско-кабларско сужење. Ту се осматрања обављају непрекидно од 1927. године, тако да је и на овој станици образован 60-годишњи низ, закључно са 1986. годином. Просечан протицај реке у наведеном периоду је 31,1 m^3/s, са специфичном издашношћу слива од 11,6 $l/s/km^2$.

Средње месечни протицаји су у функцији многих физичко-географских параметара слива, највише краса, који је до поменутог профила заступљен са 26%, али и нешто повећаних падавина у западној зони млађих веначних планина, где је њен слив развијен (таб. 34). Средње падавине у сливу су 874 mm, испаравање око 500 mm, а висина отицаја 374 mm.

Таб. 34. - *Средње месечни и годишњи протицаји Западне Мораве у Гугаљском Мосту у периоду 1927-1986.*

Tab. 34. - *Mean monthly and annual discharge of the Zapadna Morava river (Gugaljski most) in the period 1927-1986.*

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Qs	27.5	43.4	56.0	51.4	46.9	31.6	20.9	13.0	13.2	17.1	23.1	29.4	31.1
Cv	0.48	0.61	0.46	0.54	0.66	0.65	0.71	0.88	0.72	0.93	0.76	0.57	0.28
σ	13.2	26.5	25.8	27.8	31.0	20.5	14.8	11.4	9.5	15.9	17.6	16.7	8.7

Највећи средње месечни протицаји су у пролеће и крајем зиме, када су већи од 40,0 m^3/s, а у летњо-јесењим месецима мањи су од 20,0 m^3/s. Као и на другим околним рекама, протицаји Западне Мораве су јако променљиви. Последица су положаја слива, његовог облика и развијене речне мреже. Највећа колебања су у октобру, августу и новембру, а најмања у пролеће и зиму. Коефицијенат варијације годишњих протицаја је 0,28, мањи је него на Ибру, а већи него на Лиму и Дрини. Променљивост протицаја у односу на просечну вредност се нешто разликује, бројне вредности стандардне девијације су највеће у месецима када су и протицаји највећи, међутим, процентуална одступања су највећа у време најмањих вода, нпр. у августу и октобру, средње месечни протицаји су приближни стандардној девијацији, док у марту чине 50% средње месечног протицаја.

Цикличност отицања у периоду 1927-1986. година. - Десетогодишњи просеци на Западној Морави више варирају, него на Ибру, или Дрини. Прва деценија 1927-1936. има мањак отицања од 9%, друга (1937-1946) вишак за 15%, трећа (1947-1956) је сушнија за 5,7%, а четврта (1957-1966) за 7,7%, док су пета (1967-1976) и шеста (1977-1986) водније за 6,1% и 10,9%. Скоро све деценије имају већа или мања одступања од просека и прелазе дозвољену границу, што је ређи случај међу другим рекама у Србији. Зато се десетогодишњи просеци на Западној

Морави не могу увек узети као меродавни за изучавање режима реке. Међутим, 20-годишњи просеци у истом односу се знатно мање разликују, па се изабрана три таква периода сматрају репрезентативним.

Рангирање година по водности. - Ако се сви годишњи протицаји изразе Pearson III raspodelom, а године 60-годишњег периода класификују по карактеру њихове водности, онда је укупан број средње водних (25,1-35,0 m^3/s) 32, сушних (20,1-25,0 m^3/s) 11, веома сушних је 3. Водних година је 11, веома водних 3. Катастрофално сушна са $Q<15,0$ m^3/s и катастрофално водна са $Q>60,0$ m^3/s се нису појавиле за последњих 60 година, па се њихова појава може очекивати у годинама наредног периода. Као што се види (таб. 35), постоји правилна заступљеност година по особинама њихове водности, највише је средње водних, затим сушних и водних година.

Таб. 35. - *Рангирање година по водности Западне Мораве у Гугаљском Мосту у периоду 1927-1986.*

Tab. 35. - *A ranking of the years in theirs watery of the Zapadna Morava river (Gugaljski Most) in the period 1927-1986.*

Водност године	Протицај	Године	Број година
Катастрофално сушне	<15.0		0
Веома сушне	15.0-20.0	1951, 1950, 1953.	3
Сушне године	20.1-25.0	1928, 1931, 1934, 1945, 1946, 1947, 1961, 1966, 1972, 1982, 1983.	11
Средње водне године	25.1-35.0	1927, 1929, 1930, 1932, 1933, 1935, 1936, 1938, 1939, 1943, 1944, 1948, 1949, 1952, 1954, 1957, 1958, 1959, 1960, 1961, 1962, 1963, 1964, 1965, 1968, 1969, 1971, 1973, 1974, 1976, 1977, 1985.	32
Водне године	35.0-45.0	1940, 1941, 1942, 1956, 1967, 1975, 1978, 1979, 1981, 1984	11
Катастрофално водне	>60.0		0

Године средње водности се јављају сваке друге, водне и сушне сваке шесте, а веома сушне и веома водне сваке 20-те године. Најводнија година по средње годишњем протицају је 1955. која је са Qs=57,8 m^3/s, 1,86 пута је воднија од просечне године, а потом следе: 1937. (57,3 m^3/s), па тек онда 1970. са 46,0 m^3/s. Најсушнија је 1951. са Qs=18,2 m^3/s, затим 1950. са Qs=19,2 m^3/s и 1953. (20,1 m^3/s). У сливу Западне Мораве изузетно сушни период је трајао од 1945-1953. године, пуних 9 година у којима средње годишњи протицај није прелазио 29,0 m^3/s. У односу на Ибар, распоред сушних и влажних година није исти, јер су на Ибру најсушније 1972, 1943, 1985. Такође, постоји извесна разлика у појављивању влажних година. После периода 1927-1986., појављују се наизменично године средње водности али и сушне године. Нпр. 1987. је са протицајем 34,6 m^3/s, а 1988. са 30,7 m^3/s. Обе су сврстане у средње водне године, јер им је протицај већи од 25,0 m^3/s.

Честина појављивања карактеристичних годишњих протицаја. - Укупно обрађених 60 година статистички је подељено у класе од по 5,0 m^3/s, па су протицаји на Западној Морави и на овај начин рангирани. Најзаступљенији су у класи од 25-30 m^3/s, 18 појава или 30%, а затим од 30-35 m^3/s (13). И на Западној Морави протицаји најчешће варирају око просечне вредности (31,1 m^3/s), а у вишим и нижим класама њихов број опада, нпр. од 15-20 m^3/s имамо заступљене само две године, што исто важи за највишу класу од 55-60 m^3/s.

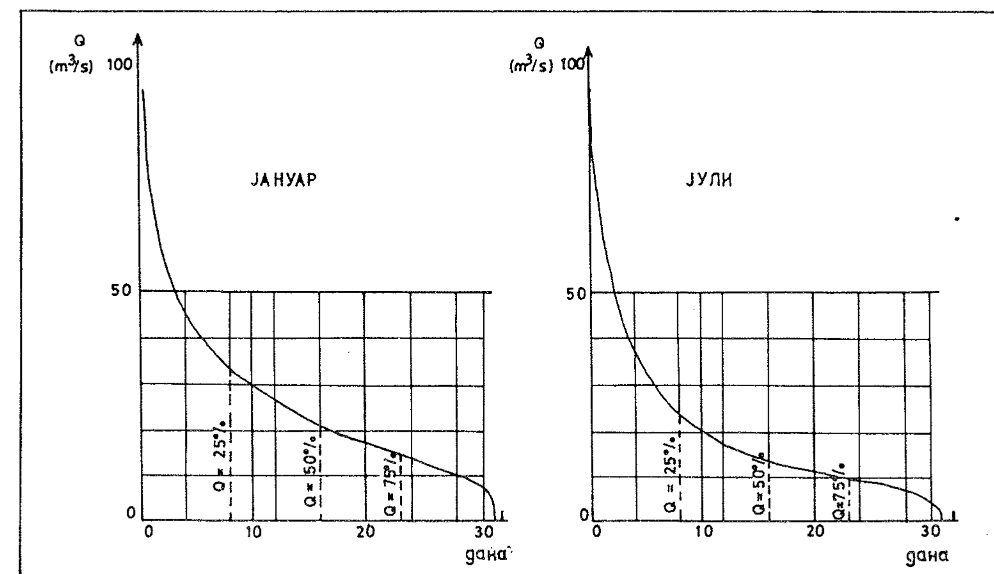
За режим Западне Мораве карактеристична су и временска трајања одређених протицаја, нпр. дневни протицаји изнад вишегодишњег (31,1 m^3/s) трају годишње просечно око 120 дана, док протицаји изнад 50 m^3/s трају 60 дана. Мале воде су нормално дужег трајања, протицаји испод 10,0 m^3/s трају 284 дана, а испод 5,0 m^3/s 360 дана. Занимљива су и друга трајања карактеристичних протицаја приказаних у таб. 36.

Таб. 36. - *Преглед трајања дневних протицаја Западне Мораве у Гугаљском Мосту у периоду 1927-1986.*

Tab. 36. - *A review duration of the daily discharge of the Zapadna Morava river (Gugaljski Most) in the period 1927-1986.*

Q (m3/s)	200	175	150	120	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	2
T (dani)	4	5	7	10	16	20	26	33	43	60	84	123	187	284	356.2
T(%)	1.1	1.4	1.8	2.7	4.4	5.6	7.2	9.0	11.8	16.4	23.0	33.7	51.3	77.8	100.0

Осим годишње криве трајања протицаја, у пракси се често користе и месечне криве трајања. На скици 11 су просечне месечне криве трајања дневних протицаја за најхладнији јануар и најтоплији јули. У јануару, протицај од 30 m^3/s траје просечно 10 дана, а у јулу само 6 дана [*Оцокољић М.* 1983].



Ск. 11. - *Просечне криве трајања протицаја реке Западне Мораве (Гугаљски Мост) за период 1927-1977*

Sk. 11. - *Average mounthy curve duratior discharge of the Zapadna Morava river (Gugaljski Most) for the 1927-1977 period*

Велике воде на Западној Морави се најчешће јављају крајем пролећа (мај), када су и поплаве честе, мада је и фебруар са великом честином појава великих вода.

Апсолутно највећа вода у обрађиваном периоду је 1250 m^3/s, осмотрена је 13. 05. 1965. Ова вода се убраја у 100-годишње велике воде, и собзиром на њену вредност убраја се у историске велике воде. По величини појављивања велике воде су осмотрене и у другим годинама, 1932. (800 m^3/s), 1934. (419 m^3/s), 1959. (405 m^3/s), 1967. (491 m^3/s).

Мале воде на Западној Морави не падају испод 2,0 m^3/s, колики је апсолутни минимум измерен средином овог века. Најсушније године су у периоду 1943-1953, када су забележене изузетно мале воде. Најчешће су у септембру, у којем је 14 појава, и октобру са 12 појава малих вода. Оба ова месеца учествују са 50%, односно приближно половина свих појава у 60-годишњем периоду. Мале воде се ретко јављају у пролеће, нису забележене нпр. у марту и априлу, а осим летњих и јесењих месеци, веома су ретке и у другим месецима године.

У погледу прогнозе даљих кретања сушних и водних периода на Западној Морави и њеним притокама важи правило које је речено за друге реке у Србији. Сушнији период који већ сада траје наставиће се и у наредним годинама са више појава средње водних и сушних година него влажних, што је уосталом карактеристика и плувиометрисног режима, јер су падавине повећане у летњој половини године, када је испаравање велико, а умањене у хладнијој половини, када су отицања највећа. У последњих 10 година (1977-1986), било је шест година, чија су отицања била изнад просечне, а само четири са отицањем мањим од отицања у просечној години.

Ибар

Ибар је река са релативно дугим осматрањима водостаја и протицаја. Најдужа су у Рашкој, где се обављају дуже од 60 година. Хидролошка станица је на стубовима каменог моста, где је корито стабилно, изграђено је од стена са већим падом, тако да је скоро у непрекидном периоду важила једнозначна крива протицаја, дефинисана са већим бројем мерења и у предратном и послератном периоду.

Основни хидрографски подаци Ибра у профилу Рашка су: F= 6268 km^2, удаљеност од ушћа 94,3 km, кота "0" осматрања 394,10 m. Средња надморска висина слива је 830 m са средњим падавинама у сливу од 740 mm и годишњим протицајем од 44,6 m^3/s (таб. 37). Специфична издашност слива је q=7,12 $l/s/km^2$, висина отицаја је 230 mm, испаравање 511 mm са коефицијентом отицања од 0,31.

Средње месечни протицаји су највећи у пролеће (март, април, фебруар, мај), а најмањи у лето и почетком јесени. Март је са највећим протицајем (83,7 m^3/s), а август са најмањим (14,9 m^3/s). Или, они се односе као 1:5,62. Променљивост протицаја на Ибру је велика.

Tab. 37. - *Средње месечни и годишњи протицаји Ибра (Рашка) у периоду 1926-1985.*

Tab. 37. - *Mean monthly and annual discharge of the Ibar river (Raška) in the period 1926-1985.*

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Qs	45.1	70.1	83.7	76.0	63.4	36.2	23.8	14.9	15.2	23.9	35.5	47.8	44.3
Cv	0.68	0.76	0.72	0.55	0.58	0.51	0.73	0.71	0.67	1.06	0.90	0.86	0.37
σ	30.6	53.3	60.2	41.8	36.8	18.5	17.4	10.6	10.2	25.3	32.0	41.1	16.4

Годишњи коефицијент варијације је 0,37, по чему се Ибар убраја у реке са већим колебањима протицаја [*Оцокољић М.* 1991]. У месечним вредностима, Cv је значајно веће од годишње вредности. Месечни протицаји су највише променљиви у октобру (Cv=1,06), а најмање у јуну (Cv=0,51). Као и код других река, коефицијенти варијације стоје у обрнутом односу према највећој и најмањој количини воде у реци, највећи су у лето, јесен, а делимично и зими, дакле у време најмањих вода. Најнижи су крајем пролећа и почетком лета, у време највећих вода. Међутим, колебања месечних и годишњих протицаја у односу на вишегодишњу вредност су нешто другчија. Стандардна девијација је по бројним вредностима највећа за време највећих протицаја, нпр. у марту σ=60,2 m^3/s, фебруару 53,3 m^3/s, априлу 41,8 m^3/s, а најмања у септембру (10,2 m^3/s), августу 10,3 m^3/s. Међутим, ако стандардну девијацију изразимо у процентима од годишње вредности, онда се она поклапа са вредностима коефицијента варијације. Нпр. у октобру је σ=25,3 m^3/s и већа је од средње месечног протицаја (Qs=23,9 m^3/s). У новембру и децембру се приближава месечним вредностима. У јуну, када је Cv најмање, чини само 50% просечне јунске вредности отицања. На оваква колебања протицаја утичу и карактеристике рељефа и положај слива Ибра. И ако је слив Ибра један од најпространијих и највиши међу другим сливовима у Србији, ипак је он сиромашан у води. Постоји неравномерност у просторном и висинском распореду вода. Најмању издашност има његова највећа притока Ситница (F=2861 km^2, q=5,60 $l/s/km^2$), а највише протицаја се образује на надморским висинама од 1000-1200 m (22,7%), мада у овоме предњаче и површине на висинама од 600-1200 m, које дају Qs=44,7 m^3/s, или 70% укупних вода Ибра које он уноси у Западну Мораву код Краљева (F=8059 km^2, Qs=64,0 m^3/s).

Цикличност хидролошких низова. - Када се годишњи протицаји Ибра у периоду 1926-1985. године изразе у виду 10-годишњих просека и упореде са вишегодишњим, уочене су знатне разлике код појединих деценија. Трећа (1946-1955), четврта (1956-1965) и шеста (1976-1985) деценија имају приближно исте протицаје, који су веома блиски 60-годишњем; Qs треће деценије је 44,6 m^3/s, четврте 46,3 m^3/s, и шесте 44,7 m^3/s. Међутим, остале три деценије значајно одступају, па су оне изузетак у односу на друге реке Србије. Прва деценија (1926-1935) са Qs=35,4 m^3/s, сушнија је за 9,2 m^3/s, или за око 20%, друга (1936-1945) са Qs=58,6 m^3/s, разликује се од прве 23,2 m^3/s, или воднија је од просека за 31,4%. Значајно сушнији период је од 1966-1975. године (Qs=37,3 m^3/s), који има мањак отицања од 16%. У истом односу, упоређени 20-годишњи просеци показују мале разлике, први период (1926-1945) је са Qs=47,0 m^3/s и други (1946-1965) са Qs=45,4 m^3/s. Међутим, трећи период (1966-1985) одступа за -8%. Када би се он користио за оцену карактеристика режима Ибра, њега би требало нешто кориговати и свести у границе толерантних одступања, избором година у којима ће Qs бити задовољавајуће. Према томе, када се ради о Ибру и његовим притокама, код избора низова треба бити обазрив, нарочито 10-годишњих, који, као што смо видели, могу битно да се разликују од нормалне вредности отицања.

Ако 60-годишњи низ тестирамо статистичким методама, по раније датим обрасцима (средња квадратна грешка и грешка коефицијента варијације) са истим подацима потврђена је цикличност низа 1926-1985.

Класификација година по водности. - Ако 60-годишњи низ на Ибру у Рашкој подвргнемо статистичкој анализи обрадом вероватноће и рангирамо године по водности, узимајући при томе проценте појављивања одговарајућих протицаја, односно да су све године од 99-99,9% катастрофално сушне, од 95-99% веома сушне, од 25-75% средње водне, 25-5% водне, од 5-1% веома водне, и од 1-0,1% катастрофално водне, онда и ту постоји одређена законитост њихове честине. Највећи број је година средње водности са протицајем од 32,5-52,5 m^3/s, укупно 33, таб. 38. У приближно истом односу стоје сушне и водне године (9:11), а такође, веома сушне и веома водне (4:3). Катастрофално сушна са протицајем мањим од 20,0 m^3/s, и катастрофално водна са протицајем већим од 105 m^3/s се још нису појавиле на Ибру у осматраном периоду.

Средње водне године се јављају просечно сваке друге, сушне сваке 6-те, веома сушне сваке 15-те године. Честина појављивања водних година је сваке 6-те, веома

водних сваке 20-те године. Правилан распоред година по карактеристикама њихове водности у периоду 1926-1985. потврђује још једном констатацију да је овај низ цикличан, и да може бити репрезентативан за изучавање режима Ибра и његових притока, а самим тим, и за добијање поузданих хидролошких подлога неопходних за водопривредна искоришћавања вода.

Таб. 38. - *Рангирање година по водности на Ибру (Рашка) у периоду 1926-1985.*

Tab. 38. - *A ranking years in theirs watery of the Ibar river (Raška) in the period 1926-1985.*

Водност године	Протицај	Г о д и н е	Број година
Катастрофално сушне	<20.0		0
Веома сушне	20.0-25.0	1943, 1968, 1972, 1985.	4
Сушне године	26.0-32.5	1926, 1932, 1933, 1934, 1946, 1949, 1950, 1971, 1983.	9
Средње Водне године	32.6-52.5	1927, 1928, 1929, 1930, 1931, 1935, 1936, 1939, 1945, 1947, 1948, 1951, 1952, 1953, 1954, 1957, 1959, 1960, 1961, 1962, 1964, 1965, 1966, 1967, 1969, 1973, 1974, 1975, 1977, 1978, 1979, 1982, 1984.	33
Водне године	52.6-70.0	1938, 1940, 1941, 1944, 1956, 1958, 1963, 1970, 1976, 1980, 1981.	11
Веома водне	71.0-105	1937, 1942, 1955.	3
Катастрофално водне	>105		0

Највodније године по средње годишњем протицају су: 1955. (102 m^3/s), која је од просека већа за 2,3 пута, а за њом следе: 1942. (98,7 m^3/s), 1937. (96,6 m^3/s). Ове године знатно предњаче по величини протицаја, јер је следећа година са протицајем од 64,5 m^3/s (1940). Најсушнија година на Ибру је 1972. (21,4 m^3/s), затим 1943. (24,7 m^3/s), 1985. (24,8 m^3/s), 1968. (25,0 m^3/s), 1950. (25,9 m^3/s). Види се, да су веома водне

године биле у првој половини 20 века (пре 1950. године), док је знатно већи број сушних година после 1950. године. Наредне три године (1986, 1987, 1988), које нису ушле у обраду проучаваног низа су следеће водности: 1986. (62,6 m^3/s) је водна (9,5%), 1987. (42,2 m^3/s) је средње водна (50%), 1988. (45,6 m^3/s) је такође средње водна (40%).

Честина појављивања карактеристичних протицаја. - Годишњи протицаји 60-годишњег низа изражени су по класама од најмање до највеће вредности са разликом од по 10 m^3/s. Добијене су карактеристике честине појављивања одређених протицаја, што је значајно са аспекта коришћења вода. И на Ибру су најчешћи средње годишњи протицаји чије су вредности блиске вишегодишњем просеку. Према подацима у таб. , највећи број протицаја је у класи од 30-40 m^3/s (19), затим од 40-50 m^3/s (15) и од 20-30 (9). Види се, да је значајно већа заступљеност протицаја у нижим класама него у вишим; изнад 60 m^3/s је само 5 таквих случајева, из чега произилази да су трајнији мањи него већи протицаји.

Таб. 39. - *Честина појављивања средње годишњих протицаја на Ибру у Рашкој (1926-1985).*

Tab. 39. - *Frequency of appearing mean annual discharge of the Ibar river (Raška) in the period 1926-1985.*

Класа	100-110	90-100	80-90	70-80	60-70	50-60	40-50	30-40	20-30	Свега
Број	1	2	0	0	4	10	15	19	9	60
%	1.7	3.3	0.0	0.0	6.7	16.7	25.0	31.7	15.0	100.0

Апсолутно највећа вода на Ибру је била 19. 11. 1979. године. Тада је коритом реке текло 1230 m^3/s, што је за 1,35 пута више од предходно појављене максималне воде из 1937. (910 m^3/s). Ова вода сматра се историском, предпоставља се да је то горња могућа граница велике воде на Ибру, која може бити потврђена и у годинама наредних периода. Осим ових година, изузетно максималне воде су забележене 1965. (834 m^3/s), 1942. (826 m^3/s), 1955. (796 m^3/s), 1927. (758 m^3/s).

Поводњи на Ибру се најчешће јављају у фебруару у којем су највеће честине великих вода (14), а онда у марту (12) и априлу (11). Око 62% случајева појава великих вода је у ова три месеца и условљена је топљењем снега и кишама под утицајем медитеранских ваздушних депресија. Такозваних

зелених поплава у сливу Ибра немамо, јер се максимални протицаји нису појавили у јулу и августу, а ретки су случајеви њихове појаве у јуну, септембру, октобру и јануару.

Мале воде на Ибру се најчешће јављају у августу са 24 појаве од могућих 60, а онда у септембру (14) и јулу (6). У пролећним месецима на Ибру немамо појава изузетно малих вода, док се насупрот томе, оне могу појавити у зиму (јануар), када су падавине снежне у којем се ретензују веће резерве воде, које се појаве у реци након топљења снега у пролеће.

Најмања вода на Ибру у Рашкој је 3,5 m^3/s (1950). По честини јављања, најчешће мале воде су у класи од 5-7 m^3/s и 7-9 m^3/s, укупно у обе класе 42 појаве или 70%.

Прогноза даљих кретања режимских карактеристика Ибра могла би се свести на то, да ће се тренд чешћих сушних и средње водних година наставити и у наредном периоду, до краја овог века, да ће се максималне воде и даље јављати у пролеће или крајем зиме, могу се очекивати и појаве катастрофално сушне и катастрофално водне године.

Нишава

Нишава је река источне и југоисточне Србије. Највећи део њеног слива је под красом (35%). Уз то, слив Нишаве је претежно у планинама, уским долинама и котлинама. Зато је просторни, висински и временски распоред вода неповољан. У северним деловима, који су на Старој планини, специфични отицаји су већи од 20,0 $l/s/km^2$ (Топлодолска р.), а крајни источни делови који су у Бугарској су са отицањем мањим од 6,0 $l/s/km^2$. Висински распоред вода је такође неповољан, али велики падови у сливу омогућавају хидроенергетско коришћење њених вода. Највише протицаја дају површине на висинама 600-1000 m (38,6%), затим од 1000-1200 m и 400-600 (30%). Изнад изохипсе 1000 m, у сливу се образује 15 m^3/s вода, а изнад средње надморске висине слива (808 m) 21,2 m^3/s или 62% укупних вода Нишаве [*Оцокољић М.* 1987].

Најдужа осматрања на Нишави су у Белој Паланци, где су протицаји обрађени од 1926-1985. Просечна годишња вредност за тај период је 25,1 m^3/s, који се од просека 1951-1985. разликује за 0,8 m^3/s. Средња издашност слива је 8,13 $l/s/km^2$ (таб. 40).

Таб. 40. - *Средње месечни и годишњи протицаји Нишаве у Белој Паланци (1926-1985)*

Tab. 40. - *Mean monthly and annual discharge of the Nišava river (Bela Palanka) in the period 1926-1985.*

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Qs	22.2	32.0	46.6	50.2	42.3	28.9	16.5	10.0	8.3	10.3	14.4	20.0	25.1
Cv	0.75	0.67	0.48	0.48	0.52	0.70	0.75	1.10	0.66	1.07	0.75	0.81	0.30
σ	16.6	21.4	22.4	24.1	22.0	20.2	12.4	10.9	5.5	11.0	10.8	16.2	7.5

Највећи протицаји на Нишави су у априлу, марту и мају, тј. у пролеће, што је једним делом условљено и топљењем снега, а најмањи у лето и јесен, када је испаравање највеће. Променљивост протицаја је велика. Највећи и најмањи средње месечни протицај односе се као 1:6,02, а то потврђују и коефицијенти варијације који показују колебања протицаја од месеца до месеца или године до године. Највећи коефицијенти варијације су у лето и јесен са Cv у августу (1,10) и октобру (1,07), дакле у време када су протицаји најмањи. Најмања колебања протицаја су у време највећих вода у пролеће и зиму, у марту и априлу Cv је испод 0,50. Међутим, у односу на стандардну девијацију, коефицијенти варијације су у обрнутом односу. Вредности стандардне девијације, која показује одступање годишњих протицаја од просечне вредности су највеће за време највећих вода, а најмање за време малих вода. Годишње вредности протицаја могу да варирају у негативном и позитивном смислу од просека за 7,53 m^3/s. Гледано по месецима, та вредност је највећа у априлу, када је σ=24,1 m^3/s, скоро 50% од просечне вредности за април (50,2 m^3/s). Међутим, када стандардну девијацију изразимо у процентима од просечне месечне вредности, онда и она стоји у обрнутом односу према распореду отицања унутар године.

Честина појављивања средње годишњих протицаја је највећа у класи од 20-25 m^3/s са укупно 21 појавом од могућих 60 (35%), а затим следе протицаји од 30-35 m^3/s (11), 25-30 m^3/s (9), и од 15-20 m^3/s (7). Најмању честину имају годишњи протицаји у класи од 9-10 m^3/s (1) и 40-45 m^3/s (2). Најводнија година је 1955. са протицајем од 41,1 m^3/s, а онда 1948. са 40,1 m^3/s. За њима следе: 1940. (39,1 m^3/s), 1937. (39,0 m^3/s) и 1941. (37,3 m^3/s). Године са карактеристикама њихове водности се углавном поклапају са истим годинама

на другим рекама, са изузетком 1948. када је у јуну била изузетно велика вода са Qmes=122 m^3/s, које је далеко највеће међу другим месецима 60-годишњег периода.

Изузетно мале воде појавиле су се средином овог века, 1949. година је са најмањим протицајем (9,57 m^3/s), затим 1943. (11,4 m^3/s) и 1946. (12,0 m^3/s). Већи број сушних година је забележен после 1981. године, када су протицаји до закључно са 1988. били мањи од 25,0 m^3/s, са најмањом вредношћу у 1985. години (15,2 m^3/s).

Ако извршимо класификацију година по водности, на сличан начин како је то учињено са другим рекама у Србији, катастрофално сушна и катастрофално водна на Нишави се још нису појавиле у периоду осматрања, док је највећи број средње водних година (29), односно половина осмотрених узорака, 16 је водних година, веома водних је само 2, док је веома сушних 3 године. Сушних је 10 година (12,5-20,0 m^3/s). При овој класификацији, у средње водне убројене су оне године чији су годишњи протицаји кретали између 20-30 m^3/s; водне од 30-40 m^3/s, веома водне од 40-45 и веома сушне од 8-12,5 m^3/s. Као што се види, постоји потпуна сагласност у погледу броја појављених година по карактеристикама њихове водности, па се низ 1926-1985. на Нишави прихвата као цикличан. Катастрофално сушна и катастрофално водна година су са протицајем испод 8,0 m^3/s, односно изнад 45,0 m^3/s. Прогнозира се да би нешто сушнији период који већ сада траје, могао да буде настављен и у наредним годинама, с тим што би и у том периоду био заступљен већи број година са годишњим протицајем који би се кретали у границама од 20-30 m^3/s (средње водне године). Међутим, када се говори о отицању Нишаве, мора се имати у виду поремећеност њеног режима антропогеним утицајима. Изграђена је акумулација на Височици (Завој), одакле се вода одводи цевоводима за производњу електричне енергије код Пирота, а већи део њених вода се користи у Бугарској и одводи у друге сливове, који припадају непосредном сливу Дунава.

Максималне воде на Нишави су честе са изузетно великим вредностима. У последњих 35 година, највећа вода била је 1976. године (456 m^3/s) и то у јуну, а слична велика вода је осмотрена 1948, такође у јуну. Велике воде се јављају у пролеће и зиму (кише-снег), али пљусковите кише у лето имају већи удео у формирању изузетно великих вода (бујице). Мале воде на Нишави у Белој Паланци знатно дуже трају од великих, појављују се у лето и јесен, крећу се око 3,0 m^3/s. Сушни периоди у максимуму могу да трају и до три месеца.

Црница

Црница је мања притока Велике Мораве (F=338 km^2), али је по издашности слива (q=10,8 $l/s/km^2$) међу првима у Велико-моравском басену. Осматрања у Параћину обављају се непрекидно од 1926. године, па је и на овој реци формиран низ од 60 година. Просечан протицај Црнице је 3,66 m^3/s. То су мале количине и Црница нема неки већи водопривредни значај, али се њене воде могу користити за локалне потребе. Међутим, распоред вода унутар године је веома повољан. Средње месечни протицаји у летњим месецима нису нижи од 1,30 m^3/s, док је апсолутни минимум 100 l/s.

Ако се протицаји Црнице изразе по деценијама обрађеног 60-годишњег периода и њихове вредности упореде са вишегодишњим, у томе постоје битније разлике. Први период (1926-1935) је веома близак просечном, његово Q је 3,57 m^3/s према 3,66 m^3/s, док међутим, други период (1936-1945) значајно одступа. Отицања овог периода (4,67 m^3/s) већа су од просечног за 27,6%. Трећа деценија (1946-1955) је сушнија за 14%, док су четврта, пета и шеста блиске вишегодишњој вредности. Нпр. у периоду 1956-1965. Q је 3,44 m^3/s, 1966-1975. 3,67 и 1976-1985. године 3,40 m^3/s. У истом односу упоређени 20-годишњи просеци, разлике су следеће: први период (1926-1945) са Qs=4,02 m^3/s, воднији је од просека 9,8%, други (1946-1965) са Qs=3,30 m^3/s сушнији је за око 10%, док је трећи (1966-1985) са Qs=3,42 m^3/s сушнији за 6%. Према томе, када су у питању меродавни хидролошки низови за мале реке, каква је управо Црница, није одлучујуће само то, колика је дужина периода, већ у томе већи значај имају број и распоред сушних и водних година.

Да би испитали цикличност низа 1926-1985. године, све године периода су рангиране по водности, примењујући исти критеријум као и за предходне случајеве. Укупан број средње водних година је 30 (50%), водних 12, веома водних 3, сушних 12, веома сушних 3. И ови резултати показују правилну заступњеност сушних и водних периода, па се низ прихвата за репрезентативни. Једино се на Црници нису још појавиле катастрофално сушна и катастрофално водна, тј. године са протицајем мањим од 1,25 m^3/s и већим од 8,0 m^3/s. Иначе градација година по водности код Црнице је следећа: средње водне године су са Q од 2,75-4,50 m^3/s, водне од 4,5-6,0 m^3/s, веома водне од 6-8, сушне (2-2,75) и веома сушне (1,25-2,0 m^3/s). И за Црницу важи правило да се могу увести и ткз. прелазне године, ако се нађу на граници између једне у другу водност. Црница има релативно мали

коефицијенат варијације годишњих протицаја (Cv=0,34), док је коефицијенат асиметрије криве расподеле скоро три пута већи (Cs=1,02). По томе се Црница убраја у реке умереног колебања протицаја; месечни протицаји имају већа колебања у лето и јесен, највећи коефицијент варијације је у августу (пљусковите падавине), када је Cv=1,75, а најмањи у марту (Cv=0,46), таб. 41.

Таб. 41. - *Средње месечни и годишњи протицаји Црнице (Параћин) у периоду 1926-1985.*

Tab. 41. - *Mean monthly and annual discharge of the Crnica river (Paraćin) in the period 1926-1985.*

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Qs	3.20	4.89	7.33	7.86	5.20	3.77	2.19	1.64	1.25	1.48	2.10	3.06	3.66
Cv	0.60	0.62	0.46	0.64	0.67	0.90	0.83	1.75	0.88	1.17	0.86	0.79	0.35
σ	1.92	3.03	3.37	5.03	3.48	3.39	1.82	2.87	1.10	1.73	1.81	2.42	1.28

Честина појављивања годишњих протицаја условљена је режимом Црнице (плувијални), али и распоредом падавина. Најучесталији протицаји су у класи 2,5-3,0 m^3/s са 15 појава од могућих 60, затим од 3,0-3,5 m^3/s (13) и 4,0-4,5 m^3/s са 8 случајева. У класи Q од 1,0-1,5 m^3/s имамо само једну појаву, што исто важи и за Q од 7-8 m^3/s. Најводнија година по средње годишњем протицају је 1955. (7,85 m^3/s), а за њом по редоследу појављивања следе: 1937. (7,20 m^3/s), 1940. (5,68 m^3/s). Најсушнија година је 1950. (1,33 m^3/s), потом 1946. и 1949. (2,08 m^3/s). У новијем периоду, после 1980. године имамо заступљеност већег броја сушних година, али и средњих, док је незнатно водних, што се поклапа са распоредом отицања на Нишави. Предпоставља се, да ће тренд нешто сушнијих и средње водних година бити настављен и у наредном периоду, с тим што су могуће чешће појаве поплавних таласа изазваних од јаких пљускова, јер живимо у климату са нешто наглашеним падавинама у топлијем делу године, а умањеним у хладнијем делу године.

У оквиру изучавања распореда сушних и водних периода, за режим Црнице су занимљива временска трајања протицаја, што је значајно ако се воде користе у привредне сврхе. Тако нпр. на Црници у Параћину протицај изнад 2,0 m^3/s траје годишње просечно 190 дана, или 52%, изнад 5,0 m^3/s 80 дана, а изнад 10,0 m^3/s само 30 дана.

Максималне воде на Црници јављају се најчешће у лето, мада су присутне и у осталом делу године. Апсолутни максимум од 116 m^3/s осмотрен је 20. 06. 1970. године а осим тога, оне су се јавиле још 1967. и 1969. (93,6 m^3/s), 1948. (87,5 m^3/s). Велике воде се најчешће јављају у пролеће, март је са највећом честином (14), затим следе април, мај, јуни и фебруар (8-9), а летњо-јесењи месеци, од августа до новембра, имају само по једну појаву великих вода.

Минималне воде на Црници се крећу у просеку око 700 l/s (годишња вредност), мада у летњо-јесењим месецима падну на испод 300 l/s. Апсолутно минималне воде су од 100-200 l/s. Најучесталије минималне воде са дужим временским трајањем су биле у периоду 1945-1952. и 1926-1932. године. У тим годинама, минималне воде су биле испод 400 l/s. Мале воде испод 1,0 m^3/s, трају годишње просечно 280 дана. Најчешће се јављају у лето и јесен, август и септембар су са највише појава минималних вода, по 17 случајева, па онда октобар (12). У другим месецима, мале воде се ретко јављају, што је последица утицаја мањег испаравања и већег прилива воде из издани.

ОПШТИ ЗАКЉУЧАК

У раду је проучена цикличност сушних и водних периода на већим рекама у Србији. Обрађен је 150-годишњи период Дунава у Ђердапу, а 60-годишњи на осталим рекама. Цикличност низова тестирана је помоћу више метода које се данас примењују у савременом свету. У оквиру тога, проучена је честина појављивања сушних и водних година, са класификацијом њихове водности, уз осврт на прогнозу промена карактеристика отицања у наредним годинама. Анализирани су критеријуми за избор меродавних хидролошких низова на нивоу месечних, сезонских и годишњих вредности. Осим Дунава, обрађене су Тиса, Сава, Дрина, Лим, Велика Морава, Западна Морава, Ибар, Нишава и Црница.

Дунав. - Анализом цикличности отицања, Дунав је у Ђердапу за последњих 150 година (1840-1989) имао *четири* хидролошка циклуса, од којих се последњи завршава 1982. године. Сваки циклус садржи један сушнији и један влажнији период. *Први* циклус трајао је 29 година (1853-1881), слабије је изражен, сушнији период тог циклуса је знатно дужег трајања у односу на влажнији, док је *други* циклус веома правилно изражен и дужег трајања (45 година), а обухвата време од 1882-1926. године. Просек овог циклуса је 5323 m^3/s, који

је од 150-годишњег сушнији за 2%. *Трећи* циклус (1927-1942) је веома кратког трајања (16 година), са прелазом из сушног у влажни 1935. године; у њему су најводније године 1940, 1941. и 1942, после којих настуша сушни период као део последњег *четвртог* циклуса (1943-1982), који је трајао 40 година са прелазом из једне у другу карактеристичну водност 1964. године. Овај хидролошки циклус је воднији за 4% од вишегодишњег просека.

Прогноза даљих кретања промена карактеристика отицања на Дунаву могла би се свести на то, да ће се сушнији период који већ сада траје наставити и у наредним годинама овог и првој деценији наредног века. Прогнозира се да би у наредном сушнијем делу V-ог хидролошког циклуса који је почео после 1982. године било заступљено више сушних година, мада нису искључене и веома водне, односно просек овог сушнијег дела V-ог циклуса би био испод вишегодишњег просека (5456 m^3/s), тј. око 5100 m^3/s, са дужином трајања од око 20 година. У њему би, као и у свим претходним циклусима била могућа појава једног влажнијег микроциклуса са 2-3 влажне године. Нису искључене и веома сушне са средње годишњим протицајем испод 4000 m^3/s, јер је последња таква година била 1949, док је последња сушна била 1983. година. Веома водна је била 1970, а водна 1981. година.

Што се пак тиче *максималних и минималних* протицаја, строго узев, законитост њиховог појављивања није везана за цикличне појаве, већ су то случајни процеси. Протицаји изнад 10000 m^3/s су веома чести на Дунаву. Последња година са Q_{max}=14800 m^3/s је била 1981, затим 1942. (14700 m^3/s), па тек онда 1970. (14310 m^3/s). Једина хронологија у погледу цикличности влажних периода јесте, што се према подацима за последњих 80 година максимални протицаји изнад 10000 m^3/s увек јављају сваке седме године. Следећи овај континуитет, наредни слични максимум могао би да се очекује у 1995. и 2002-ој години.

Минималне воде имају сличне осцилације као и велике, али им је највећа честина била у периоду 1943-1954. године. У 150-годишњем периоду забележено је 54 године са Q_{min} мањим од 2000 m^3/s. И у наредном периоду може се очекивати више година са сличним протицајем.

Тиса. - Промењивост протицаја Тисе је велика, па се сушни и водни периоди различито понашају у односу на друге веће реке. Пета деценија (1971-1980) периода 1931-1990. је имала вишак отицања од чак 14%. Код осталих 5 деценија ова

одступања су толерантна, па се њихови просеци прихватају као меродавни за изучавање режима Тисе на нивоу годишњих протицаја, што исто важи и за 20-годишње периоде, јер три изабрана таква низа имају отицање приближно вишегодишњем. На Тиси је у проучаваном периоду било 33 године средње водности, 11 сушних, 2 веома сушне, 12 водних и 2 веома водне.

Што се тиче прогнозе даљих промена отицања Тисе, следећи аналогију водности година 60-годишњег периода, може се у наредним годинама очекивати више средње водних са протицајем од 550-950 m^3/s, јер је последња таква година била 1988., уз појаву неке сушне године, јер је за задњих 10 година знатно више водних година. Исто тако, већа је вероватноћа да се до краја овог века појави веома сушна са Qs од 350-450 m^3/s, него веома водна са Qs од 1300-1700 m^3/s јер је прва последња 1961, а друга 1970. година.

Сава. - Према истраживањима цикличности отицања у периоду 1856-1989, Сава је имала више циклуса са израженим водним и маловодним периодима. *Први* циклус је трајао од 1856-1882. године са сушним периодом од 1856-1867. и влажним од 1868-1882. године Следећи циклус је од 1883-1920, при чему је влажни период знатно дуже трајао (1891-1920). *Трећи* циклус је од 1921-1953. године, а *четврти* од 1954, који и даље траје.

Међутим, на Сави је обрађен и 60-годишњи период (Сремска Митровица), па се за њега може рећи, да од укупно 6 деценија, четири су цикличне, док друге две имају већа одступања. Она се појављују код друге (1936-1945) и треће (1946-1955). Друга је влажнија за 12%, а трећа сушнија за 10%. Иначе, три изабрана 20-годишња периода на Сави су циклична. За последњих 60 година, на Сави је било највише година средње водности, преко 50%, а затим сушних (14) и водних (8). Очекује се већа честина водних година, али су могуће и веома сушне, јер је последња таква 1946. година.

Дрина са Лимом. - Због мање осцилације протицаја на Дрини се краћи периоди мање разликују од отицања вишегодишњих низова. Тако свих шест деценија периода 1926-1985. су са приближно истим отицањем. То исто потврђују и три изабрана 20-годишња периода. На Дрини се могу издвојити два циклуса неједнаког временског трајања, један од 1926-1960, и други, од 1960-1982. Влажнији период првог циклуса је од 1926-1944, а сушнији од 1945-1960. Влажнији период другог циклуса је од 1961-1982. године, одакле даље

настаје нешто сушније доба. На Дрини је за последњих 60 година било највише година средње водности (32), сушних је 13, а водних 11. Само су по две веома сушне и веома водне.

На *Лиму* се распоред сушних и водних периода разликује од Дрине. Само су три деценије периода 1926-1985. цикличне, прва, друга и пета, а у остале три постоје одступања, која се крећу од 10-12%. Међутим, 20-годишњи периоди углавном прате вишегодишње низове, добијених из осматрања од око 60 година. У сва три изабрана 20-годишња низа протицаји се крећу од 81,1-84,4 m^3/s, што је у оквиру 60-годишњег просека (81,1 m^3/s).

Велика Морава. - У сливу Велике Мораве је неповољан временски, просторни и висински распоред вода. Уз то, на њој су честе и нагле промене протицаја. Као последица тога, постоје битније разлике у отицању између појединих периода. Просечан протицај 60-годишњег периода (1931-1990) је 238 m^3/s, 1951-1980, Q=257 m^3/s, и 1951-1990, Q=247 m^3/s. Десетогодишњи низови још и више одступају. У већини деценија отицања су значајно већа од нормалне вредности. Те разлике иду и до 15%. И 20-годишњи периоди не морају увек да буду мерило оцене режима реке, јер се и ту јављају велике разлике. Као закључак би могао да следи, да треба бити обазрив код избора низова и оцене њихове репрезентативности у изучавању режима Велике Мораве и њених притока, а нарочито у решавању водопривредних проблема, којих је у сливу Велике Мораве напретек. У 60-годишњем периоду је било знатно више водних од сушних година. Очекује се чешћа појава сушних и година средње водности до краја овог века. У обрађиваном периоду је највише година средње водности са Q од 175-275 m^3/s, а потом водних (16). Сушних је само 8, а веома водних и веома сушних 2-3 године.

Западна Морава са Ибром. - И на Западној Морави су сличне осцилације протицаја као на Великој Морави. Скоро свих 6 деценија 60-годишњег низа имају већа одступања, која иду и преко 15%. Међутим, 20-годишњи периоди се мање разликују, па се они углавном узимају као репрзентативни за израду хидролошких подлога неопходних за коришћење вода Западне Мораве. На Западној Морави је правилан распоред година по честини појављивања одређених протицаја. Најзаступљенији протицаји су у класи од 25-30 m^3/s, или протицаји који су у рангу средње водних година. Њих је у обрађиваном периоду 32, сушних и водних је по 11, а веома водних и веома сушних по 3. Сушни период који већ сада траје наставиће се и у наредним годинама, са више појава средње водних и сушних година.

Ибар се у погледу распореда отицања нешто разликује од Западне Мораве пре његовог ушћа. Десетогодишњи просеци могу да се разликују и преко 30%. Највећа је разлика у периоду 1936-1945. (Qs=58,6 m^3/s), који има вишак отицања од 31,4%. За разлику од деценија, три изабрана 20-годишња периода су по правилу увек цилкични, и њихови просеци се крећу око вишегодишње (44,6 m^3/s).

На Ибру је био правилан распоред сушних, водних и година средње водности. Приближно је 50% година са протицајем од 32,5-52,5 m^3/s (средње влажне године), сушних је 9, а веома сушних 4. У сличном односу су и водне (11) и веома водне (3) године. И на Ибру ће бити настављен тренд чешћих сушних и средње влажних година. Максималне воде ће се и даље са великом вероватноћом јављати у пролеће или крајем зиме, могу се очекивати појаве катастрофално сушне и катастрофално водне године са Q мањим од 20,0 и већим од 105 m^3/s.

Нишава и Црница. - Колебања протицаја расту са смањењем површине слива. Зато су она већа на Нишави и Црници, јер су то најмањи сливови обрађени у овом раду. На Нишави се најчешће појављују средње водне године, у просеку сваке друге, њих је у обрађиваном периоду 29, водних је 16, веома водних 2, док је сушних 10 и веома сушних 3 године. Као што се види, постоји сагласност и у погледу броја појављених година по карактеристикама њихове водности, па се низ 1926-1985, прихвата као цикличан. Прогнозира се да би нешто сушнији период који већ сада траје, могао да буде настављен и у наредним годинама, с тим, што би био заступљен већи број година са протицајем од 20-30 m^3/s.

Прогноза кретања веома сушних и веома водних година. - У прегледној табели 42. је упоредни приказ веома сушних и веома водних година, које се код већине река јављају у просеку сваке 20-30 године. То су протицаји ређе честине појава, па им се, с обзиром на значај у изучавању режима реке поклања посебна пажња. На *Дунаву* је знатно више веома водних година, последња таква је 1970, а за скоро половину је мање веома сушних. Последња таква је 1949. До краја овог и у првој деценији наредног века, треба очекивати више веома сушних година са протицајем од 3500-4000 m^3/s.

На *Тиси и Сави* је већа вероватноћа да се појави веома сушна, јер су такве године биле 1961. и 1946, него веома водне, које су на обе реке биле 1970. За *Дрину* важи супротан закључак. На њој су веома сушне 1982. и 1983, док је последња веома водна 1955. У ближој будућности на Дрини се дакле могу појавити веома водне године. То исто важи за

Лим, док се Велика Морава, Западна Морава и Ибар у томе понашају као Тиса, Сава и Дунав. На све три реке је већа вероватноћа да се појаве веома сушне, него веома водне године. Међутим, на Нишави и Црници могу да се појаве и веома сушне и веома водне, јер је прва последња била 1950, а друга 1955. година.

Таб. 42. - *Преглед веома сушних и веома водних година на рекама у Србији (за Дунав период од 150 година, а за остале реке 60 година).*

Tab. 42. - *A review of a most droughtly and most watery years of Serbias rivers.*

Река	Профил	Веома сушне године	Веома водне године
Дунав	Ђердап	1921, 1866, 1943, 1894, 1949	1970, 1941, 1937, 1965, 1940, 1926, 1955, 1853, 1879, 1919
Тиса	Сента	1943, 1961.	1941, 1970.
Сава	Срем. Митров.	1949, 1946.	1937, 1955, 1940, 1970.
Дрина	Бајина Башта	1983, 1982.	1937, 1955.
Лим	Пријепоље	1943, 1983.	1955, 1929, 1979.
Велика Морава	Љубичевски Мост	1943, 1933.	1955, 1937, 1956.
Зап. Морава	Гугаљски Мост	1951, 1950, 1953.	1955, 1937, 1970.
Ибар	Рашка	1972, 1943, 1985, 1968.	1955, 1942, 1937.
Нишава	Бела Паланка	1949, 1943, 1946, 1950.	1955, 1948, 1937.
Црница	Парћин	1946, 1949, 1950,	1937, 1940, 1955.

Напомена: редослед година је по величини протицаја (за веома сушне од најнижег, а веома водне од Q највећег)

Меродавни хидролошки низови. - У изучавању режима река, веома је битно да се изаберу циклични низови који укључују правилан распоред сушних и водних година. За реку Дунав, ове вредности су тестиране на нивоу месечних, сезонских и годишњих протицаја. За друге реке у Србији, низови су проверавани на нивоу годишњих вредности. Закључак је, да је за Дунав као реку са мешовитим режимом, пожељно узети низове од око 25 година, ако се анализирају годишње вредности, 35 година за сезонске, а око 50 година за месечне протицаје. За све ове случајеве, могу се изабрати и краћи низови, али је њихову цикличност нужно проверити са станицом која има дуже низове осматрања.

За мање речне сливове дужина репрезентативног низа зависи од површине слива, климата, речног режима и колебања протицаја. Најдужи низови су код малих река са плувијалним режимом, или код оних река у којих су колебања протицаја највећа. За све ове реке морају се утврдити дужине низова и тестирати њихова цикличност.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гидрологическая монография водосборного бассейна Дуная*-Том I. Водохозяственный институт имени "Ярослав Черни", Союзный гидрометеорологический институт, Белград, 1978.

2. *Гидрологический справочник реки Дунай* 1921-1960. Дунайская комиссия, Будапешт 1965.

3. *Годишњи прегледи протицаја Дунава у Кладову за период 1972-1992* (изворни подаци). Хидроелектрана "Ђердап", Кладово,1993.

4. ***Гавриловић Љиљана***.: *Поплаве у Србији у XX веку узроци и последице.* Посебна издања Српског географског друштва, књ. 52, Београд, 1981.

5. ***Дукић Душан***.: *Воде Србије.* Посебна издања Српског географског друштва, књ. 44, Београд, 1977.

6. *Discharges of selected rivers of the world-studes and reportes in hydrology,* UNESCO, Paris, 1974.

7. ***Зеленхасић Емир, Бугарчиновић Нада:*** *Учесталост висина падавина у Србији,* "Водопривреда", бр. 62, Београд, 1979.

8. ***Jevđević Vujica:*** *Hidrologija* I deo, Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi", Beograd, 1956.

9. *Karakteristične vode, učestalost i trajanje proticaja na izabranim stanicama u Srbiji za period 1926-1965.* RHMZ (elaborat), Beograd, 1989.

10. ***Лучшева Александра А.*** : *Практическая гидрология.* Гидрометеоиздат, Ленинград, 1976.

11. ***Milovanov D.***: *Vodoprivreda Vojvodine 1918-1945.* Posebna izdanja, Vode Vojvodine, Institut za uređenje voda, Novi Sad, 1987.

12. ***Ocokoljić Miroslav***: *Visinsko zoniranje voda u slivu Velike Morave i neki aspekti njihove zaštite.* Posebna izdanja Srpskog geografskog društva, knj. 64, Beograd, 1987.

13. ***Оцокољић Мирослав***: *Варијације протицаја на рекама у Југославији,* Гласник Српског географског друштва, св. LXXI/1, Београд, 1991.

14. ***Ocokoljić Miroslav:*** *Režimske karakteristike srednjih voda usvojenog trajanja i neki primeri njihovog odredjivanja.* Zbornik radova Jugoslovenskog simpozijuma o inženjerskoj hidrologiji, Split, 1983.

15. ***Оцокољић Мирослав***: *Последовательность декадных расходов на нижнем течении реки Сава и возможность ведения их прогноза.* Зборник докладов - VIII Конференция придунайских стран по гидрологическим прогнозам, Regensburg, 1975.

16. ***Ракићевић Томислав***: *Секуларне промене климе Београда.* Гласник Српског географског друштва, св. LXIII/2, Београд, 1983.

17. ***Rhodes W. Fairbridge***.: *Enciklopedia of atmospheric sciens and astrogeology,* New York, Amsterdam, London, 1967.

18. *Rezultati osmatranja meteorološke opservatorije u Beogradu u periodu 1887-1986.* RHMZ, Beograd, 1989.

19. *III Seminar iz hidrologije.* Zbornik predavanja iz hidrologije, Jugoslovensko društvo za hidrologiju, Beograd, 1977.

20. *Hidrološka studija Save,* SHMZ, Beograd, 1969.

21. *Hidrološki bilans Dunava,* sv. I-IV. Savezni komitet za poljoprivredu, Institut za vodoprivredu "J.Černi", SHMZ, Beograd, 1977.

22. *Hidrološka studija Save-1974.* Koordinacioni odbor projekta Save-Zagreb. Institut za vodoprivredu "J.Černi", Beograd, 1976.

23. *Hidrološki i meteorološki godišnjaci od 1951-1985.* SHMZ, Beograd, 1985.